



日 本 国 特 許 庁
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

NF-2063

US

#3

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application:

2000年 3月10日

出 願 番 号
Application Number:

特願2000-066106

出 願 人
Applicant(s):

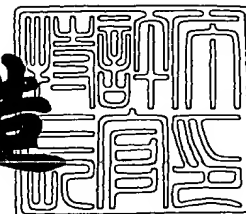
株式会社小松製作所

FAX RECEIVED
MAR 17 2001
GROUP 1700

2000年12月 8日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2000-3103414

【書類名】 特許願

【整理番号】 N00017

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 C23C 16/50

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県平塚市万田 1 2 0 0 株式会社小松製作所 研究本部内

【氏名】 田渕 俊宏

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県平塚市万田 1 2 0 0 株式会社小松製作所 研究本部内

【氏名】 石田 晃一

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県平塚市万田 1 2 0 0 株式会社小松製作所 研究本部内

【氏名】 水上 裕之

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県平塚市万田 1 2 0 0 株式会社小松製作所 研究本部内

【氏名】 高尻 雅之

【特許出願人】

【識別番号】 000001236

【氏名又は名称】 株式会社小松製作所

【代理人】

【識別番号】 100091948

【弁理士】

【氏名又は名称】 野口 武男

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 平成11年特許願第347108号

【出願日】 平成11年12月 7日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 011095

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9704242

【書類名】明細書

【発明の名称】表面処理装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 プラズマ発生手段、原料ガス導入口、及び基板支持台を備えたケーシング内に、前記プラズマ発生手段によりプラズマを発生させて原料ガスをプラズマ化し、前記基板支持台上に載置された基板表面をプラズマ処理する表面処理装置であって、

前記ケーシングは、前記プラズマ発生手段を備えたプラズマ発生室と前記基板支持台を備えた基板処理室との二室に画成され、

前記基板処理室と前記プラズマ発生室とが一以上のプラズマ吹出口を介して連通されてなり、

少なくとも一の前記プラズマ吹出口がホロー放電の発生域とされてなることを特徴とする表面処理装置。

【請求項 2】 プラズマ発生手段、原料ガス導入口、及び基板支持台を備えたケーシング内に、前記プラズマ発生手段によりプラズマを発生させて原料ガスをプラズマ化し、前記基板支持台上に載置された基板表面をプラズマ処理する表面処理装置であって、

前記ケーシングは、前記プラズマ発生手段を備えたプラズマ発生室と前記基板支持台を備えた基板処理室との二室に画成され、

前記基板処理室と前記プラズマ発生室とが一以上のプラズマ吹出口を介して連通されてなり、

前記プラズマ発生室には一以上のホロー放電発生域を有するホロープラズマ発生電極が配されてなることを特徴とする表面処理装置。

【請求項 3】 プラズマ発生手段、原料ガス導入口、及び基板支持台を備えたケーシング内に、前記プラズマ発生手段によりプラズマを発生させて原料ガスをプラズマ化し、前記基板支持台上に載置された基板表面をプラズマ処理する表面処理装置であって、

前記ケーシングは、前記プラズマ発生手段を備えたプラズマ発生室と前記基板支持台を備えた基板処理室との二室に画成され、

前記基板処理室と前記プラズマ発生室とが一以上のプラズマ吹出口を介して連通されてなり、

少なくとも一の前記プラズマ吹出口がホロー放電の発生域とされてなり、

前記プラズマ発生室には一以上のホロー放電発生域を有するホロープラズマ発生電極が配されてなることを特徴とする表面処理装置。

【請求項 4】 少なくとも一の前記プラズマ吹出口における最小部分の開口幅 $W(1)$ は、 $W(1) \leq 5 L(e)$ 又は $W(1) \leq 20 X$ のいずれかを満足する範囲に設定されてなる請求項 1 ～ 3 のいずれかに記載の表面処理装置。

但し、 $L(e)$: 所望のプラズマ発生条件下において、原料ガス種及びそこから分解発生する電氣的に中性の原子、分子種（活性種）のうち最も直径の小さな原子又は分子種（活性種）に対する電子の平均自由行程

X : 所望のプラズマ発生条件下において発生するシース層の厚み

【請求項 5】 前記ホロープラズマ発生電極は、プラズマ発生手段により発生したプラズマとの対向面に一以上の凹部を有してなり、少なくとも一の前記凹部が前記ホロー放電発生域とされてなる請求項 2 又は 3 記載の表面処理装置。

【請求項 6】 前記ホロープラズマ発生電極は空洞体であって、同電極はプラズマ発生手段により発生したプラズマとの対向部分に空洞内部に連通する 1 以上の貫通孔を有してなり、少なくとも一の前記貫通孔が前記ホロー放電発生域とされてなる請求項 2 又は 3 記載の表面処理装置。

【請求項 7】 前記凹部又は前記貫通孔における最小部分の開口幅 $W(2)$ は、 $W(2) \leq 5 L(e)$ 又は $W(2) \leq 20 X$ のいずれかを満足する範囲に設定されてなる請求項 5 又は 6 記載の表面処理装置。

但し、 $L(e)$: 所望のプラズマ発生条件下において、原料ガス種及びそこから分解発生する電氣的に中性の原子、分子種（活性種）のうち最も直径の小さな原子又は分子種（活性種）に対する電子の平均自由行程

X : 所望のプラズマ発生条件下において発生するシース層の厚み

【請求項 8】 前記ホロープラズマ発生電極は空洞体であって、同電極はプラ

ズマ発生手段により発生したプラズマとの対向部分に空洞内部に連通する 1 以上の貫通孔を有してなり、空洞内部の少なくとも一部がホロー放電の発生域とされてなる請求項 2、3 又は 6 記載の表面処理装置。

【請求項 9】 前記ホロープラズマ発生電極の前記貫通孔の形成方向に沿った空洞内部の対面距離 H は、 $H \leq 5 L(e)$ 又は $H \leq 20 X$ のいずれかを満足する範囲に設定されてなる請求項 8 記載の表面処理装置。

但し、 $L(e)$: 所望のプラズマ発生条件下において、原料ガス種及びそこから分解発生する電氣的に中性の原子、分子種（活性種）のうち最も直径の小さな原子又は分子種（活性種）に対する電子の平均自由行程

X : 所望のプラズマ発生条件下において発生するシース層の厚み

【請求項 10】 前記プラズマ吹出口の近傍、及び／又は凹部、貫通孔の近傍、及び／又は前記空洞内部に磁場が形成されてなる請求項 1～9 のいずれかに記載の表面処理装置。

【請求項 11】 前記基板に所望の電位を印加するための電位印加手段を備えてなる請求項 1～10 のいずれかに記載の表面処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は基板への各種表面処理、特に基板への成膜処理に適した表面処理装置に関し、更に詳しくは、結晶質薄膜を高品質で且つ高速に成膜することが可能な表面処理装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

従来から平行平板電極に高周波電力を印加して反応ガスをプラズマ状態にし、化学的に活性なイオンやラジカルに分解させて、エッチングや成膜などの表面処理を行う表面処理装置が知られている。

【0003】

例えば、成膜処理を行う従来の平行平板型プラズマ CVD (Chemical Vapor

Deposition) 装置は、ケーシング内に一对の平板状のプラズマ発生電極が平行に対向して設けられている。前記プラズマ発生電極のうち、一方の電極は基板支持台としての機能を兼ね備えており、更に、同装置は基板の温度を、気相成長に適した温度に調整するためにヒータが設けられている。前記一方の電極に基板を載置した状態で、両プラズマ発生電極間に高周波数の電源（13.56MHzの電源）による電力が印加されると、これら電極間でプラズマが発生し、原料ガス、例えばモノシランガスが活性化され、前記基板表面にシリコン膜が形成される。

【0004】

かかる従来の平行平板型のプラズマCVD装置にあつては、基板を載置する平板状の前記プラズマ発生電極の面積を大きくすることで、大面積の基板を一度の成膜処理で成膜することができるといった利点を有している。しかしながら、従来の平行平板型のプラズマCVD装置にあつては、両プラズマ発生電極によりプラズマ化された原料ガスは成膜ガス処理室内に均一に拡散され、その一部が前記電極上に載置された基板の成膜に寄与するだけである。このため原料ガスの利用効率が低く、例えばアモルファスシリコン薄膜や微結晶シリコン薄膜を基板上に成膜しようとする場合、成膜速度が1～2 Å/sec.程度と、投入電力が大きいにもかかわらず、成膜速度は遅い。そのため太陽電池などの比較的膜厚の厚い半導体デバイスを製作するには、更に長時間を要し、低スループット、高コストの主要因となっていた。

【0005】

そこで、成膜速度を上げるために、高周波電源による投入電力を増大させることも考えられる。しかしながら、投入電力を増大させることにより、プラズマ中の荷電粒子のもつエネルギーが大きくなる。この高エネルギーをもった荷電粒子の基板への衝突によるダメージで、同基板は膜質に劣化を来す。更には高周波電源による高周波電力の増大に伴い、気相中で微粉末が多量に発生することになり、微粉末による膜質の劣化も飛躍的に増大することとなる。

【0006】

従つて、従来の平行平板型のプラズマCVD装置にあつては、こうした高エネルギーの荷電粒子の衝突によるダメージや微粉末による膜質の劣化を避けるため

に、投入電力を抑えざるを得ない。即ち、実質的には投入電力の上限値が存在し、成膜速度を一定レベル以上に高めることができなかった。

【 0 0 0 7 】

また、平行平板型のプラズマによるエッチング装置にあっては、投入電力の増大による処理品質の劣化は成膜処理に比べれば少ないため、投入電力を増大させて処理速度をある程度は高めることができる。しかしながら、エッチング処理の品質向上や製造効率の向上、製造コストの削減などの目的から、更なる処理速度の向上が望まれているのが現状である。

【 0 0 0 8 】

これに対して、特開平 1 1 - 1 4 5 4 9 2 号公報に開示されている走行する被処理体である帯状部材への光起電力素子の形成装置は、高周波電力印加電極（カソード電極）の放電空間における表面積を、前記帯状部材を含むアノード電極全体の放電空間における表面積よりも大きくし、グロー放電生起時のカソード電極の電位を帯状部材を含む接地されたアノード電極に対して + 3 0 V 以上の正電位を維持させている。更に、前記カソード電極には前記帯状部材の走行方向に直交して複数のしきり状電極を設置し、隣り合うしきり状電極の間にも放電を生起させている。このように、帯状部材及びアノード電極に対してカソード電極を + 3 0 V 以上の正電位に維持すると共に、しきり状電極をもつ上述のようなカソード電極構造とすることにより、帯状部材を含むアノード電極側において材料ガスの励起、分解反応を促進している。

【 0 0 0 9 】

上記公報に開示された光起電力素子の形成装置は確かに、帯状部材を含むアノード電極側において材料ガスの励起、分解反応を促進することにより、成膜速度は向上すると考えられる。しかしながら、帯状部材とカソード電極との空間においてもグロー放電を発生させているため、相変わらず荷電粒子の衝突によるダメージは避けられない。

【 0 0 1 0 】

そこで、例えば特開昭 6 1 - 3 2 4 1 7 号公報に開示されている薄膜形成装置は、基板に薄膜形成を行うための真空室内に、対向する一対のプラズマ発生電極

を有する画成室からなる活性化気体発生装置が配されている。前記活性化気体発生装置の一壁部には活性化気体を真空室内へと噴出するための単一の細孔が形成されている。また、前記真空室内には前記細孔に対向する位置に基板が支持されている。

【0011】

前記薄膜形成装置では前記一对のプラズマ発生電極に高周波電力を印加して、両電極間にグロー放電を発生させてプラズマを作る。前記活性化気体発生装置内に導入された原料ガスは、このプラズマによって分解される。このとき、真空室に配された真空ポンプと前記細孔のコンダクタンスとを調整することにより、前記真空室の真空度を前記活性化気体発生装置よりも2～3桁低くなるようにして、活性化された原料ガスを基板に向けて前記細孔から噴出させる。

【0012】

このように薄膜形成を行う真空室内において画成された活性化気体発生装置の内部にプラズマ発生電極を配し、同活性化気体発生装置において活性化された原料ガスを基板に向けて積極的に吹き付ける薄膜形成装置では、投入電力を増大させることなく、成膜速度を高めることができる。更には、投入電力を増大させてより強いプラズマを発生させた場合にも、プラズマ発生電極は画成された前記活性化気体発生装置内に設置されており、同電極間でのグロー放電により基板へダメージを与える虞れが全くない。そのため、投入電力を増大させて成膜速度を更に高めることが可能となる。また、成膜速度が高まるにもかかわらず、薄膜の結晶化も促進され、従来よりも速い成膜速度で高品質の薄膜を形成することができる。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】

このように、プラズマ発生室と成膜処理室とを画成することにより成膜速度が高まってはいるが、更なる成膜速度の向上が望まれており、特に、太陽電池等の用途として微結晶薄膜の高速成膜が強く望まれている。

そこで本発明はかかる要望を達成すべく、更に高速且つ高品質に表面処理が可能な表面処理装置を提供することを目的とする。

【 0 0 1 4 】

【課題を解決するための手段及び作用効果】

かかる課題を解決するために、請求項 1 に係る発明は、プラズマ発生手段、原料ガス導入口、及び基板支持台を備えたケーシング内に、前記プラズマ発生手段によりプラズマを発生させて原料ガスをプラズマ化し、前記基板支持台上に載置された基板表面をプラズマ処理する表面処理装置であって、前記ケーシングは、前記プラズマ発生手段を備えたプラズマ発生室と前記基板支持台を備えた基板処理室との二室に画成され、前記基板処理室と前記プラズマ発生室とが一以上のプラズマ吹出口を介して連通されてなり、少なくとも一の前記プラズマ吹出口がホロー放電の発生域とされてなることを特徴としている。

【 0 0 1 5 】

更に、本件請求項 2 に係る発明は、プラズマ発生手段、原料ガス導入口、及び基板支持台を備えたケーシング内に、前記プラズマ発生手段によりプラズマを発生させて原料ガスをプラズマ化し、前記基板支持台上に載置された基板表面をプラズマ処理する表面処理装置であって、前記ケーシングは、前記プラズマ発生手段を備えたプラズマ発生室と前記基板支持台を備えた基板処理室との二室に画成され、前記基板処理室と前記プラズマ発生室とが一以上のプラズマ吹出口を介して連通されてなり、前記プラズマ発生室には一以上のホロー放電発生域を有するホロープラズマ電極が配されてなることを特徴としている。

【 0 0 1 6 】

また、本件請求項 3 に係る発明は、プラズマ発生手段、原料ガス導入口、及び基板支持台を備えたケーシング内に、前記プラズマ発生手段によりプラズマを発生させて原料ガスをプラズマ化し、前記基板支持台上に載置された基板表面をプラズマ処理する表面処理装置であって、前記ケーシングは、前記プラズマ発生手段を備えたプラズマ発生室と前記基板支持台を備えた基板処理室との二室に画成され、前記基板処理室と前記プラズマ発生室とが一以上のプラズマ吹出口を介して連通されてなり、少なくとも一の前記プラズマ吹出口がホロー放電の発生域とされてなり、前記プラズマ発生室には一以上のホロー放電発生域を有するホロープラズマ発生電極が配されてなることを特徴としている。

【 0 0 1 7 】

なお、本発明においてホロー放電とは、特に貫通孔や凹部、空洞部分において認められるプラズマが強く発生し、プラズマの密度が高くなる現象をいう。

プラズマ発生手段としては、カソード及びアノードからなる一対のプラズマ発生電極による放電や、三極以上の電極を有する放電、マイクロ波放電、容量結合型放電、誘導結合型放電、ヘリコン波放電、PIG放電、電子線励起放電などの手段を採用できる。

【 0 0 1 8 】

前記プラズマ吹出口は、前記基板処理室とプラズマ発生室との隔壁に形成されている。請求項 1 及び 3 に係る発明において、このプラズマ吹出口に発生するホロー放電は、同プラズマ吹出口の電位によりホローカソード放電又はホローアノード放電となる。

【 0 0 1 9 】

例えば、前記プラズマ発生手段としてカソード及びアノードからなる一対のプラズマ発生電極を採用する場合には、そのいずれかの電極を前記隔壁として採用することもできる。前記隔壁としてアノード電極を使用し、前記プラズマ吹出口を同アノード電極に形成した場合には、前記ホロー放電はホローアノードグロー放電となり、前記隔壁としてカソード電極を使用し、前記プラズマ吹出口を同カソード電極に形成した場合には、前記ホロー放電はホローカソードグロー放電となる。なお、本発明においては、放電のための主たる電力を印加する側の電極をカソード電極とし、同カソード電極に対向する電極をアノード電極としている。或いは、プラズマ発生手段である一対のプラズマ発生電極とは別途に、二室を画成する隔壁を設けてその隔壁にプラズマ吹出口を形成してもよい。

【 0 0 2 0 】

本件請求項 2 及び 3 に係る発明にあっては、前記プラズマ発生手段としてカソード及びアノードからなる一対のプラズマ発生電極を採用する場合に、前記プラズマ発生電極の少なくとも一方の電極を前記ホロープラズマ発生電極として兼用させることもできる。或いは、前記プラズマ発生電極とは別個に、第三の電極として前記ホロープラズマ発生電極を配することもできる。

【 0 0 2 1 】

上記表面処理装置により表面処理を施すには、先ず、ガス供給管を通じてケーシング内に原料ガス及びキャリアガスを注入し、プラズマ発生手段によりプラズマ発生室内にプラズマを発生させる。このとき、本発明の表面処理装置では、前記プラズマ発生室と前記基板処理室とに画成されているため、キャリアガス及び原料ガスを効率良く利用することができ、キャリアガス及び原料ガスのプラズマ化が促進される。

【 0 0 2 2 】

前記プラズマ発生室において発生したプラズマは、前記基板処理室からの排気による内部ガスの流れや二室間の差圧によって、或いは拡散によって、前記プラズマ吹出口から前記基板処理室へと流れ出す。このとき、適切なガス流量、ガス圧力、プラズマパラメータを与えることにより、前記プラズマ発生室のプラズマが前記プラズマ吹出口から前記基板処理室内へと円滑に輸送される。

【 0 0 2 3 】

なお、原料ガスは、前記プラズマ発生室内で発生したプラズマが、基板処理室へと吹き出して基板表面へ到るまでの間で導入することもできる。プラズマ中の活性化された原料ガスは、前記プラズマの流れにより前記処理室内の基板表面へと到達し、同基板にエッチングや成膜等の表面処理が施される。

【 0 0 2 4 】

本件請求項 1 に係る発明にあっては、少なくとも一の前記プラズマ吹出口において、ホロー放電を発生させることが重要である。このホロー放電によって前記プラズマ吹出口において新たにプラズマが生成されるため、基板処理室へと導かれるプラズマの密度が高められる。更には、プラズマ発生室内で発生したプラズマは、ホロー放電の発生しているプラズマ吹出口を通過する際に、衝突などによる相互作用によって前記プラズマ内の荷電粒子（電子又はイオン）のエネルギーが低下する。電子のエネルギーが低下することにより、電子は、原料ガスから表面処理に寄与する中性活性種を生成するに十分であり、しかも基板表面に衝突して損傷させるイオンは生成することの少ない適度な強度のエネルギーとなるため、結果としてイオンを増加させることなく中性活性種の数を増やすことができる。

。また、プラズマ内の高エネルギーイオンの数を減少させることにより、これらのイオンによる基板損傷の影響を減少できる。

【 0 0 2 5 】

このように、ホロー放電により、プラズマ密度が向上して表面処理に寄与する中性活性種が増加するため、表面処理の速度が高められる。また、プラズマ内に存在する、基板に衝突してダメージを与えるイオンのエネルギーを低下させることにより、基板表面の劣化を抑制でき、高品質の表面処理を高速で行うことができる。

【 0 0 2 6 】

本件請求項 2 に係る発明にあつては、前記プラズマ発生室内にホロープラズマ発生電極を配することが重要である。例えばプラズマ発生手段としてアノード及びカソードからなる一対のプラズマ発生電極を採用した場合には、少なくともその一方をホロープラズマ発生電極として使用することができる。すなわち、アノード電極でホローアノード放電が発生し、又はカソード電極でホローカソード電極が発生し、或いは両電極においてそれぞれホロー放電が発生させることが必要である。前記ホロー放電を発生させることにより、そのホロー放電発生域において新たにプラズマが生成されるため、基板処理室へと導かれるプラズマの密度が大きくなり、表面処理に寄与する活性種が増加するため、表面処理の速度が更に高められる。

【 0 0 2 7 】

更に本件請求項 3 に係る発明にあつては、上述したプラズマ吹出口でのホロー放電とホロープラズマ発生電極でのホロー放電との両方を発生させている。そのため、プラズマ吹出口でのホロー放電とホロープラズマ発生電極でのホロー放電とのそれぞれの上述した作用効果を併せ持つこととなり、表面処理の速度及び品質がより高められる。

【 0 0 2 8 】

更には、プラズマ吹出口におけるホロー放電だけでなく、ホロープラズマ発生電極でのホロー放電が生じることにより、上述したそれぞれの放電によるの作用効果に加え、以下のような相乗的な作用効果も得られるものである。すなわち、

プラズマ吹出口におけるホロー放電に加え、ホロープラズマ発生電極でのホロー放電が生じることにより、電極でのホロー放電域での電子温度が低下すると共に電子密度が高くなるため、プロセスプラズマとしての性能が向上する。更に、例えばカソード電極がホロープラズマ発生電極であり、同カソード電極でホロー放電が発生する場合は、同カソード電極での高周波電圧が減少すると共に自己バイアス電圧が上昇するため、プラズマ発生室内に生じたプラズマの有する空間電位も上昇する。その結果、プラズマ吹出口におけるホロー放電が生じやすくなり、同プラズマ吹出口において高密度なプラズマを生成することが可能となる。また、同様の理由からプラズマ発生室内では電界集中も生じやすくなり、局所的に高密度プラズマ化された不均一な放電が生成可能となる。

【 0 0 2 9 】

前記ホロープラズマ発生電極の電極材料としては、また、プラズマ発生手段として一对のプラズマ発生電極を使用する場合にはその電極材料としては、SUSやAlなどの他に、Ni, Si, Mo, Wなどを採用することができる。プラズマからのイオン衝撃による二次イオン放出係数が大きな電極材料を使用すると、プラズマがより高密度になるので、処理速度が向上する。また、特に、シリコンの成膜処理を行う表面処理装置である場合には、電極材料としてSiを使用すると、その電極自身が薄膜材料の供給源として機能するので、成膜速度が向上すると共にその安定性も増す。更に、Siからなる電極にボロンやリンを予めドーピングしておけば、薄膜へのドーピングを自動的に行うことが可能となり、特に極微量のドーピングを行うときに有利である。

【 0 0 3 0 】

前記基板としてはガラス、有機フィルム、或いはSUS等の金属を使用することができる。さらに本発明の表面処理装置は成膜やアッシング、エッチング、イオンドーピング等の各種表面処理に使用できるが、前記基板表面にアモルファスシリコンや、更には結晶質シリコンなどのシリコン薄膜や酸化膜を成膜する際に特に好適に使用される。

【 0 0 3 1 】

前記プラズマ吹出口を多数設ける場合に、特に、その全ての吹出口においてホ

ロー放電を生じせしめれば、大面積の基板に対しても均一な薄膜を高速で成膜することができるため、好ましい。

【 0 0 3 2 】

前記原料ガス導入口は、前記プラズマ発生室内に開口させてもよく、或いは、前記プラズマ発生室内にはキャリアガスのみを導入し、前記原料ガス導入口は前記プラズマ吹出口の側面に開口させることもできる。更には、例えば原料ガス導入用のパイプなどの導入手段を用いて、前記原料ガス導入口を基板処理室内に開口させ、原料ガスを基板処理室内における前記プラズマ吹出口と基板との間に導入してもよい。前記原料ガス導入口を前記吹出口に開口させる場合や、基板処理室内に開口させる場合には、前記原料ガスは前記吹出口を通過するプラズマ化されたキャリアガスによりプラズマ化される。この場合には、前記プラズマ発生室の内壁面が前記原料ガスにより汚染されることがない。

【 0 0 3 3 】

なお、前記プラズマ発生電極には直流電源又は高周波電源を接続して直流～高周波電力まで印加することが可能であるが、特に、高周波電力を投入することが好ましい。更に、カソード電極及びアノード電極にそれぞれ直流又は交流の電源、或いはパルス発生電源によってバイアスを印加することもできる。

【 0 0 3 4 】

前記プラズマ吹出口においてホロー放電を発生させるために、本件請求項 4 に係る発明では、少なくとも一の前記プラズマ吹出口における最小部分の開口幅 $W(1)$ を、 $W(1) \leq 5 L(e)$ 又は $W(1) \leq 20 X$ のいずれかを満足する範囲に設定している。但し、 $L(e)$ は所望のプラズマ発生条件下において、原料ガス種及びそこから分解発生する電氣的に中性の原子、分子種（活性種）のうち最も直径の小さな原子又は分子種（活性種）に対する電子の平均自由行程であり、 X とは所望のプラズマ発生条件下において発生するシース層の厚みである。また、少なくとも一の前記プラズマ吹出口における最小部分の前記開口幅 $W(1)$ は、 $X/20 \leq W(1)$ をも満足する範囲、更には $X/5 \leq W(1)$ をも満足する範囲に設定することが好ましい。

【 0 0 3 5 】

なお、電子とガス分子（原子を含む）との散乱における電子の平均自由行程は、ガス圧、原子・分子の散乱断面積及び温度に依存するが、前記プラズマ発生条件には、これらガス圧、原子・分子の散乱断面積、及び温度などが含まれている。

【 0 0 3 6 】

前記プラズマ吹出口の前記開口幅W(1)を上記範囲に設定することにより、前記プラズマ吹出口において効果的にホロー放電を発生させることができると共に、前記吹出口から効率良くプラズマを吹出させることができる。

【 0 0 3 7 】

なお、本発明において前記プラズマ吹出口の開口幅W(1)とは、前記プラズマ吹出口の開口形状が円形の場合には直径であり、矩形状やスリット形状の場合には短辺の長さ寸法である。すなわち、開口形状における最短寸法部分を開口幅W(1)としている。

【 0 0 3 8 】

前記プラズマ吹出口の形状はプラズマ発生室のプラズマを積極的に吹出口内に引き込み、基板処理室においてプラズマを所望の角度で拡散させて噴出することのできる形状を採用することができる。例えば、円形断面の円柱形状や、プラズマ発生室から基板処理室に向けて拡径する載頭円錐形状、及びその組み合わせ、更には上流側の略半部が下流側に向けて縮径し、下流側の半部が下流側に向けて拡径する形状などが挙げられる。更には上述したように断面が矩形状の角柱状であってもよく、スリット形状とすることも可能である。

【 0 0 3 9 】

また、基板の広い面積にわたって表面処理を施す場合には、例えば円形の前記プラズマ吹出口を所要のパターンで複数、形成することができる。或いは、一筆書きできる実質的に連続した長尺なスリット形状、具体的には渦巻き形状や蛇行形状にしてもよい。

【 0 0 4 0 】

本件請求項5に係る発明によれば、前記ホロープラズマ発生電極は、プラズマ発生手段により発生したプラズマとの対向面に一以上の凹部を有してなり、少な

くとも一の前記凹部がホロー放電の発生域とされている。

また、本件請求項 6 に係る発明によれば、前記ホロープラズマ発生電極は空洞体であって、同電極はプラズマ発生手段により発生したプラズマとの対向部分に空洞内部に連通する 1 以上の貫通孔を有してなり、少なくとも一の前記貫通孔がホロー放電の発生域とされている。

【 0 0 4 1 】

このように、前記ホロープラズマ発生電極に凹部を形成したり、或いは前記ホロープラズマ発生電極を空洞体としその空洞内部に連通する貫通孔を形成し、それら凹部又は貫通孔をホロー放電の発生域とすることにより、実質的にプラズマと接触するホロープラズマ発生電極の表面積が増大する。例えばカソード電極をホロープラズマ発生電極とし、同カソード電極にカソード放電域を形成した場合には、グロー放電生成時におけるカソード電極の電位（自己バイアス）をプラスの方向へともっていくことができ、接地されているアノード電極近傍での投入電力の消費、すなわち原料ガスの励起、分解反応を促進し、表面処理の速度を向上させることができる。

【 0 0 4 2 】

このような自己バイアスの制御はプラズマ空間電位の制御にもつながり、イオンの基板への衝突によるダメージの大きさをも意図的に調整できる。従って、例えば成膜処理を施す場合に、その結晶性薄膜の結晶性を制御することができる。

【 0 0 4 3 】

前記凹部又は前記貫通孔において効果的にホロー放電を発生させるために、本件請求項 7 に係る発明では、前記凹部又は前記貫通孔における最小部分の開口幅 $W(2)$ を、 $W(2) \leq 5 L(e)$ 又は $W(2) \leq 20 X$ のいずれかを満足する範囲に設定している。但し、 $L(e)$ は所望のプラズマ発生条件下において、原料ガス種及びそこから分解発生する電氣的に中性の原子、分子種（活性種）のうち最も直径の小さな原子又は分子種（活性種）に対する電子の平均自由行程であり、 X とは所望のプラズマ発生条件下において発生するシース層の厚みである。

【 0 0 4 4 】

なお、前記凹部又は前記貫通孔の断面形状は円形や多角形などを採用でき、そ

の開口形状における最短寸法部分を開口幅 $W(2)$ としている。更に、少なくとも一の前記プラズマ吹出口における最小部分の前記開口幅 $W(2)$ は、 $X/20 \leq W(2)$ をも満足する範囲、更には $X/5 \leq W(2)$ をも満足する範囲に設定することが好ましい。

【0045】

本件請求項8に係る発明によれば、前記ホロープラズマ発生電極は空洞体であって、同電極はプラズマ発生手段により発生したプラズマとの対向部分に空洞内部に連通する1以上の貫通孔を有してなり、空洞内部の少なくとも一部がホロー放電の発生域とされている。

このように、空洞内部の少なくとも一部においてホロー放電を発生させることで、プラズマの密度を更に高めることができるため、原料ガスの励起、分解反応が著しく促進され表面処理の速度も向上する。また、前記ホロープラズマ発生電極がカソード電極である場合には、プラズマに接触するカソード電極の表面積を増大させることにより、自己バイアスを更に正方向の電位へと制御ができるため、原料ガスの励起、分解反応が更に促進され表面処理の速度も著しく向上する。

【0046】

また、エッチングやアッシング、イオンドーピングなど、イオンの基板への衝突により悪影響を及ぼすことのない表面処理を行う装置に関しては、前記ホロープラズマ発生電極をアノード電極により構成し、そのアノード電極の内壁面を基板支持台とし、前記アノード電極内を前記基板処理室とすることもできる。この場合に、基板はホローアノード放電に直接曝されることになり、エッチングやアッシング、イオンドーピングなどの処理速度が向上する。但し、アノード電極の内部を基板処理室とするかかる表面処理装置では、イオンの基板への衝突ダメージが大きいため、成膜処理には不適である。

【0047】

更に空洞体からなる前記ホロープラズマ発生電極は、その表面積を増やすために空洞内部の高さ方向に延びる1以上の隔壁を配することが好ましい。すなわち、前記ホロープラズマ発生電極の空洞内部が前記隔壁により複数に画成されることが好ましい。この場合には、それぞれの画成された領域ごとに少なくとも1の

前記貫通孔を形成する必要がある。

【 0 0 4 8 】

前記ホロープラズマ発生電極の空洞内部においてホロー放電を効率よく発生させるために、本件請求項 9 に係る発明によれば、前記ホロープラズマ発生電極の前記貫通孔の形成方向に沿った空洞内部の対面距離 H が、 $H \leq 5 L(e)$ 又は $H \leq 20 X$ のいずれかを満足する範囲に設定される。但し、 $L(e)$ は所望のプラズマ発生条件下において、原料ガス種及びそこから分解発生する電氣的に中性の原子、分子種（活性種）のうち最も直径の小さな原子又は分子種（活性種）に対する電子の平均自由行程であり、 X とは所望のプラズマ発生条件下において発生するシース層の厚みである。空洞体である前記ホロープラズマ発生電極の前記貫通孔の形成方向に沿った空洞内部の対面距離 H は、 $X/20 \leq H$ をも満足する範囲、更には $X/5 \leq H$ をも満足する範囲に設定することが好ましい。

【 0 0 4 9 】

また、本件請求項 10 に係る発明によれば、前記プラズマ吹出口の近傍、及び／又は凹部、貫通孔の近傍、及び／又は前記空洞内部に磁場が形成されている。ここで「近傍」とは前記プラズマ吹出口、凹部、貫通孔の内部や、同吹出口、凹部、貫通孔の開口周縁或いはその近傍を含む。また、前記磁石はその磁場の磁力線が前記プラズマ吹出口、凹部、貫通孔の軸線方向と平行に、また、前記空洞内部では電極面と平行になるように配することが好ましい。

【 0 0 5 0 】

磁場の強さは前記プラズマ吹出口、凹部、貫通孔の中心部、又は空洞内部で $1 \sim 2000 \text{ mT}$ とすることが好ましく、更には $5 \sim 500 \text{ mT}$ とすることが好ましい。また、プラズマ吹出口及び／又は凹部、貫通孔の内壁面及びその近傍、又は空洞内壁部の近傍では磁場の強さを $2 \sim 2000 \text{ mT}$ とすることが好ましく、更には $5 \sim 1000 \text{ mT}$ とすることが好ましい。

【 0 0 5 1 】

このように磁場を配することにより、電子の軌道を調整して、ホロー放電が生じている前記プラズマ吹出口内及びその近傍や、ホローカソード放電又はホローアノード放電が生じている前記凹部又は貫通孔の内部及びその近傍、或いは空洞

内部に電子を長時間留まらせることができ、表面処理に寄与する活性種の生成が促進される。そのため、表面処理速度が更に向上する。なお、この磁場により電子のエネルギーには何ら変化はないため、電子エネルギーが大きくなって悪影響を及ぼすイオンを生成することもなく、高品質な表面処理を維持できる。

【0052】

更に、本件請求項11に係る発明によれば、前記基板に所望の電位を印加するための電位印加手段を備えている。この電位印加手段とは、例えば、前記基板が載置されている前記基板支持台に対して所望の電位を印加することにより、前記基板にも同電位を印加することができる。また、同電位印加手段は、必要に応じて、前記基板に到達するプロセスプラズマの電位 V_s や基板の電位をモニターする手段を含む。前記プロセスプラズマの電位 V_s は、同プラズマの大部分が接触している電極の電位により決まる。従って、例えばプラズマ発生電極等の高周波電圧と自己バイアスとをモニターすることにより、前記プロセスプラズマの電位 V_s をモニターすることができる。

【0053】

例えば基板に成膜処理を施す場合には、プラズマからのイオンダメージを抑制するため、同基板を前記プロセスプラズマの電位 V_s との差電圧を小さくすることが望ましく、前記プラズマの電位 V_s と概ね同一の電位を印加することがより好ましい。成膜処理の場合の基板への印加電位は、前記プロセスプラズマの電位 V_s に対して $1/2 \sim 1$ 倍の範囲であることが好ましい。また、例えばエッチング処理を施す場合には、前記プラズマの電位 V_s よりも小さい電位、特にマイナスの電圧を印加することにより、異方性を向上させることができる。

【0054】

このように、基板に所望の電位を印加して、前記基板とプラズマとの差電圧を意図的に制御することにより、成膜処理の場合には処理速度を落とすことなくプラズマのダメージを低減されるなどの膜質の制御が可能となり、また、エッチング処理の場合には、異方性をなどのエッチング形状を制御できる。

【0055】

また、前記プラズマ吹出口及び／又は凹部、貫通孔の少なくとも片側の開口縁

にノズル体を突設させることが好ましい。同ノズル体はその中心線を前記プラズマ吹出口及び／又は凹部、貫通孔の軸線方向と一致させてもよく、或いは同ノズル体の中心線を前記プラズマ吹出口及び／又は凹部、貫通孔の同軸線方向に対して角度をもって配設してもよい。また、前記ノズル体の形状も、断面形状が一定の筒体や、断面寸法を漸減又は漸増させる筒体であってもよい。更には、チューブ状のノズル体をらせん状に配してもよい。

【0056】

前記プラズマ吹出口及び／又は凹部、貫通孔に前記ノズル体を突設させることにより、前記プラズマ吹出口の形成されている部材や、前記ホロープラズマ発生電極の厚み寸法を不必要に厚くすることがなく、前記プラズマ吹出口及び／又は凹部、貫通孔の長さ寸法を自由に設定でき、その長さを大きくすればそれらプラズマ吹出口及び／又は凹部、貫通孔でのホロー放電の発生域が広がるため、プラズマ密度も高まり表面処理速度も向上する。

【0057】

更に、前記ノズル体のノズル長が不定長であることが好ましい。すなわち、プラズマ吹出口及び／又は凹部、或いはプラズマ吹出口及び／又は貫通孔において、その全てのノズル体が均一の長さとする必要はなく、適宜、変化させることができる。このようにノズル体の長さを変化させることにより、基板へ到達するプラズマの強度を、その基板の全表面において均一化することができる。

【0058】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態について、図面及び好適な実施例を参照して具体的に説明する。

図1は本発明の第1実施例である表面処理装置1の概略図である。同装置1は外気と遮断され、接地されたケーシング2が、プラズマ発生室3と基板処理室4との2室に画成されている。

【0059】

前記プラズマ発生室3内には一対のプラズマ発生電極5、6が上下に平行に配されている。一対の電極5、6のうち高周波電源Pに接続されている上方の電極

(カソード電極) 5は前記ケーシング2の絶縁体により形成されている上壁2 aに取り付けられており、一方、接地されている下方の電極(アノード電極) 6は、前記プラズマ発生室3と前記基板処理室4とを画成している。なお、前記アノード電極6は接地されているケーシング2の周壁2 bに取り付けられているが、これに限定されるものではなく、ケーシング2の任意の位置に取り付けることが可能である。

【0060】

前記アノード電極6の中心には円形の通孔7が形成されており、同通孔7は本発明のプラズマ吹出口7を構成する。このプラズマ吹出口7を介して前記プラズマ発生室3と基板処理室4とが連通されている。なお、前記アノード電極6とは別途に前記プラズマ発生室3と基板処理室4とを画成するための仕切り板を配し、同仕切り板にプラズマ吹出口を形成することもできる。

【0061】

本実施例においては、前記プラズマ吹出口7の断面形状を円形としているが、他にも例えば矩形状としたり、或いはプラズマ発生室3から基板処理室4に向けて拡径する載頭円錐形状や、載頭角錐形状、更には上流側の略半部が下流側に向けて縮径し、下流側の半部が下流側に向けて拡径する形状などとすることも可能である。また、前記プラズマ吹出口7をスリット形状とすることも可能である。

【0062】

前記プラズマ吹出口7の開口幅 W 、すなわち直径 W は、 $W \leq 5 L(e)$ 又は $W \leq 20 X$ のいずれかを満足する範囲に設定している。但し、 $L(e)$ は所望のプラズマ発生条件下において、原料ガス種及びそこから分解発生する電氣的に中性の原子、分子種(活性種)のうち最も直径の小さな原子又は分子種(活性種)に対する電子の平均自由行程であり、 X とは所望のプラズマ発生条件下において発生するシース層の厚みである。かかる範囲に設定することにより、前記プラズマ吹出口7をホローアノード放電の発生域とすることができる。前記開口幅 W を $X/20 \leq W$ の範囲に設定することが好ましく、更には、前記開口幅 W を $X/5 \leq W$ の範囲に設定することが好ましい。

【0063】

上方のカソード電極 5 は本発明のホロープラズマ発生電極を構成し、同カソード電極 5 の前記アノード電極 6 との対向面に、断面が円形をなす複数の凹部 5 a が形成されている。この凹部 5 a の開口幅 W 、すなわち直径 W は、 $W \leq 5 L(e)$ 又は $W \leq 20 X$ のいずれかを満足する範囲に設定している。但し、 $L(e)$ は所望のプラズマ発生条件下において、原料ガス種及びそこから分解発生する電氣的に中性の原子、分子種（活性種）のうち最も直径の小さな原子又は分子種（活性種）に対する電子の平均自由行程であり、 X とは所望のプラズマ発生条件下において発生するシース層の厚みである。前記開口幅 W を $X/20 \leq W$ の範囲に設定することが好ましく、更には、前記開口幅 W を $X/5 \leq W$ の範囲に設定することが好ましい。前記プラズマ発生条件のうちガス圧が $10 \sim 1400 \text{ Pa}$ の範囲内にあるときは、前記凹部 5 a の直径は $0.1 \sim 100 \text{ mm}$ の範囲に設定され、より好ましくは $1 \sim 20 \text{ mm}$ である。前記凹部 5 a の直径をかかえる範囲に設定することにより、前記凹部 5 a をホローカソード放電の発生域とすることができる。

【0064】

前記複数の凹部 5 a は図 33～図 36 に示すような配置で形成することが好ましい。図 33 (a) に示す正六角形を基本とする配置や、図 33 (b) に示す四角形を基本とする配置、図 33 (c) に示す三角形を基本とする配置などが好ましい。更には、図 34 (a)～(c) に示すように、これらの配置において中心部分、即ち、プラズマ吹出口 7 の直上位置には凹部 5 a を形成しない配置が更に好ましい。また、図 35 (a) 及び図 35 (b) に示す放射状や、図 36 (a) 及び図 36 (b) に示す中心部分を除く配置とすることも好ましい。

【0065】

また、前記プラズマ吹出口 7 の長さ方向（厚さ方向）の寸法 T 、及び前記凹部 5 a の深さ D は概ね $X/50$ を下限とする。上限は装置寸法上の制約、すなわち前記アノード電極 6 の厚み、又は前記カソード電極 5 の厚みによって決定される。このプラズマ吹出口 7 の長さ T 及び前記凹部 5 a の深さ D は、上述したガス圧及び直径の場合には $0.1 \text{ mm} \sim 100 \text{ mm}$ が好ましい。なお、ホロー放電を効率良く発生させる観点からは、前記プラズマ吹出口 7 の長さ T や前記凹部 5 a の深さ D は大きいほうが有利であり、より強いプラズマを発生させることができる。

。そのため、前記プラズマ吹出口7や前記凹部5aの開口縁部にノズル体を取り付けて、前記プラズマ吹出口7の実質的な長さTや前記凹部5aの実質的な深さDを大きくさせることもできる。

【0066】

なお、本実施例にあっては前記凹部5aは円形断面であるが、他にも多角形状としてもよい。断面積も一定でなくてもよく、軸線方向に断面積を変化させ、例えば底面が開口よりも大きく、或いは小さい凹部であってもよい。更には、前記凹部5aを矩形状や図37に示すような渦巻き形状や蛇行形状などの溝構造とすることもできる。このような矩形状や渦巻き形状等の溝構造とする場合には、その凹部5aの開口幅Wとは溝幅（溝壁間の寸法）であり、この溝幅を上述の範囲内で設定する。なお、この溝幅は一定でなくてもよく、カソード電極5の中心から外縁へ向けてその溝幅を漸減又は漸増させることもできる。また、前記凹部5aの内壁面に部分的な凹凸を形成してもよい。複数の前記凹部5aは、互いに同一寸法及び同一形態とする必要は無く、異なる寸法及び形態をもつ凹部5aを複数形成してもよい。

【0067】

本実施例にあっては、前記ケーシング2の上壁2a及びカソード電極5を貫通してガス供給口8が形成されており、このガス供給口8からプラズマ発生室3内に、成膜処理の場合には例えばモノシラン等の原料ガスと、プラズマの発生を促進すると共にプラズマを安定化し、且つ原料ガスを基板Sまで搬送するためのキャリアガスとの混合ガスを導入している。なお、このガス供給口8は円筒状に限定されるものではなく、矩形筒状であってもよい。

【0068】

更に、同ガス供給口8の形成位置も上述の位置に限定されるものではなく、任意の位置に形成することが可能である。例えば図2に示すように、前記凹部5aの底部に開口する位置に形成してもよく、或いは前記アノード電極6の周壁部に開口する位置に形成することもできる。また、前記ガス供給口8を複数形成することもできる。

【0069】

なお、前記ガス供給口 8 からはプラズマ発生室 3 ヘキャリアガスのみを導入して、原料ガスは別途、異なる導入口を設けて前記プラズマ発生室 3 の内部、成膜処理室 4 の内部、或いは前記プラズマ吹出口 7 の途中へと導入することもできる。

【0070】

前記基板処置室 4 内には前記プラズマ吹出口 7 に対向する位置に基板支持台 9 が配されている。本実施例においては前記基板支持台 9 は接地されているため、同支持台 9 上に載置された基板 S も同様に接地されることとなる。なお、前記基板支持台 9、すなわち基板 S を接地せずに直流的又は交流的にバイアス印加することも、パルスのバイアス印加することも可能である。或いは、前記基板支持台 9 に対して基板 S を電氣的に絶縁することも可能である。また、前記基板支持台 9 にはヒータが内蔵されており、前記基板支持台 9 の上面に載置された基板 S の温度を、気相成長に適した温度に調整する。

なお、前記基板処理室 4 は図示せぬバルブ、圧力調整弁及び真空ポンプにより、前記プラズマ発生室 3 よりも低い室圧に調整されている。

【0071】

上記表面処理装置 1 により成膜処理を施す場合に、前記カソード電極 5 に高周波電源 P により高周波電力を投入すると、前記電極 5、6 間で放電が起こり、前記プラズマ発生室 3 内にプラズマが発生する。そのプラズマにより、同プラズマ発生室 3 内に導入された原料ガス及びキャリアガスが活性化され、成膜に寄与する活性種が生成される。このとき、前記基板処理室 4 は室圧を前記プラズマ発生室 3 よりも低圧に調整しているためその差圧と、さらに拡散とによって、同プラズマ発生室 3 内のプラズマは、前記プラズマ吹出口 7 から前記基板処理室 4 内へと流れ出る。このプラズマの流れにより前記処理室 4 内の基板 S 表面がプラズマ処理され、同基板 4 の表面に薄膜が形成される。

【0072】

このとき、前記カソード電極 5 には複数の凹部 5 a が形成されており、しかも同凹部 5 a の開口幅 W が上述の範囲内に設定されているため、印加する高周波電力に応じて通常のグロー放電からホローカソード放電を含む放電に移行する。同

凹部 5 a においてホローカソード放電が発生し、同凹部 5 a において新たなプラズマが発生する。そのため、前記プラズマ発生室 3 内において発生するプラズマは密度の大きなプラズマとなり、成膜処理に寄与する活性種が増加するため、表面処理の速度が高められる。また、前記カソード電極 5 に凹部 5 a を形成することにより、実質的にプラズマと接触するカソード電極 5 の表面積が増大する。それにより、放電生成時における自己バイアスをよりプラスの方向へともっていくことができ、接地されているアノード電極 6 近傍での原料ガスの励起、分解反応を促進し、表面処理の速度を向上させることができる。

【0073】

更には、前記プラズマ吹出口 7 の開口幅 W を上述の範囲内に設定することにより、前記プラズマ吹出口 7 にはホローアノード放電が発生する。このホローアノード放電によって前記プラズマ吹出口 7 には新たにプラズマが生成されるため、基板処理室 4 へと導かれるプラズマの密度が高められる。更には、プラズマ発生室 3 内で発生したプラズマが、ホローアノード放電の発生域であるプラズマ吹出口 7 を通過する際に、前記プラズマ内の電子のエネルギーが、活性種を生成するに十分で、イオンを生成するには不十分な強度まで適度に低減されるため、基板処理室 4 へと導かれるプラズマは成膜に寄与する活性種が更に増大し、密度の大きなプラズマとなり、成膜速度が著しく向上する。更には、ホローアノード放電の発生しているプラズマ吹出口 7 を通過する際に、前記プラズマ内のイオンエネルギーも低下するため、基板処理室 4 へと導かれたプラズマには、基板に衝突してダメージを与えるイオンが少なく、高品質な成膜が可能となる。

【0074】

更には、プラズマ吹出口 7 におけるホローアノード放電に加え、ホローカソード放電が生じることにより、両電極 5, 6 間でのプラズマの電子温度が低下すると共に電子密度が高くなるため、プロセスプラズマとしての性能が向上する。更に、ホローカソード放電によりカソード電極 5 での高周波電圧が減少すると共に自己バイアス電圧が上昇するため、両電極 5, 6 間に生じたプラズマの有する空間電位も上昇する。その結果、プラズマ吹出口 7 におけるホローアノード放電が生じやすくなり、同プラズマ吹出口 7 において高密度なプラズマを生成すること

ができるといった相乗効果が得られる。また、同様の理由からプラズマ発生室3内では電界集中も生じやすくなり、局所的に高密度プラズマ化された不均一な放電が生成可能となる。

【0075】

なお、上述したように本実施例では前記基板支持台9、即ち基板Sが接地されているが、同基板Sを接地せずに所望の電位を印加することも可能である。成膜処理にあたって、同基板Sに到達するプロセスプラズマの電位 V_s に対して $1/2 \sim 1$ 倍の電位を前記基板Sに印加し、同基板と前記プロセスプラズマとの差電圧を小さくすることにより、プラズマからのイオンダメージを減少させて高品質の薄膜を成膜することが可能となる。

【0076】

このとき、前記プロセスプラズマの電位 V_s は、同プラズマの大部分が接触している電極の電位により決まる。従って、例えばカソード電極等の高周波電圧と自己バイアスとをモニターすることにより、前記プロセスプラズマの電位 V_s をモニターすることができる。

【0077】

更に、本実施例では、円形断面の単一のプラズマ吹出口7が形成されているが、基板Sの広い面積にわたって表面処理を施す場合には、前記プラズマ吹出口7を例えば図33～36に示すような配置で複数形成することもできる。更には、一筆書きできる実質的に一続きのスリット形状、例えば図37に示すような渦巻き状や蛇行状などの形状とすれば、大面積にわたって均一な処理が可能となる。

【0078】

なお、複数孔にする場合も、スリット状にする場合も、それらの孔径やスリット幅 W は本発明の範囲内に設定することが好ましい。但し、複数の孔を一定の孔径とする必要はなく、またスリット幅もその長さ方向で一定である必要はない。均一にホローアノード放電を発生させるためには、各種条件に応じて前記孔径やスリット幅はアノード電極の中心部分から外縁部分へとその寸法を漸減又は漸増させることが望ましい。

【0079】

また、上記実施例では前記アノード電極 6 を接地しているが、前記電極 5, 6 にそれぞれ直流又は交流の電源又はパルス電源によってバイアスを印加することもできる。更には、上述の実施例ではアノード電極 6 によりプラズマ発生室 3 と基板処理室 4 とを画成しているが、前記アノード電極 6 とは別途にプラズマ吹出口を有する仕切り板を設けてプラズマ発生室 3 と基板処理室 4 とを画成することもできる。

【0080】

なお、本実施例にあっては前記基板処理室 4 から内部ガスを排気すると共に、前記基板処理室 4 が前記プラズマ発生室 3 よりも低い室圧に調整されている。従って、前記表面処理装置内ではプラズマ発生室 3 から基板処理室 4 への内部ガスの流れが形成されているが、これに限定されるものではない。前記プラズマ発生室に内部ガスの排気口を設けて、内部ガスの流れを逆にすることもできる。但し、この場合には前記プラズマ発生室 3 から前記基板処理室 4 へのプラズマの輸送が拡散によってのみなされ、内部ガスの流れによるプラズマの輸送は期待できないため、表面処理速度が若干、低下するものの、従来よりも高速な処理は確保される。

【0081】

更に、上述した装置を用いて、アッシングやエッチング、イオンドーピング等の他の表面処理を行う場合にも、従来よりも低温で且つ高速に表面処理を行うことが可能である。なお、例えばエッチング処理を施す場合には、前記基板 S に対して前記プロセスプラズマの電位 V_s よりも小さい電位、特にマイナスの電圧を印加することにより、異方性を向上させることができる。

【0082】

以下、本発明の他の実施例について図面を参照して具体的に説明する。なお、以下の説明において、上述の第 1 実施例と同一の構成には同一の符号を付し、その詳細な説明は省略する。

【0083】

図 3 は、第 2 実施例による表面処理装置 20 の概略図である。同装置 20 は、カソード電極 5 に形成された凹部 5 a の内壁面及びプラズマ吹出口 7 の内壁面に

磁石 1 0 が配されている点で上述した第 1 実施例と異なるが、その他の構成は上記第 1 実施例の表面処理装置 1 と同一である。なお、前記磁石 1 0 は、前記凹部 5 a や前記プラズマ吹出口 7 に磁場を付与するように配されていればよい。したがって、前記磁石 1 0 は同図 3 に示すように前記内壁面内に埋設する他にも、例えば、図 4 (a) に示すように前記カソード電極 5 内の前記凹部 5 a の上方に埋設したり、或いは図 4 (b) に示すように前記カソード電極 5 の外部に配することもでき、さらにはこれらの配置の組み合わせであってもよい。なお、これらの磁石 1 0 の配置にあたっては、前記磁石 1 0 がプラズマに直接晒されることがないように磁石 1 0 を取り付けることが好ましい。

【 0 0 8 4 】

前記磁石 1 0 の磁場は、磁力線の方法が上記凹部 5 a 及びプラズマ吹出口 7 の各軸線方向と平行になるように印加されていることが好ましい。同磁石の強度は前記凹部 5 a 及びプラズマ吹出口 7 のそれぞれの軸中心において 1 ~ 2 0 0 0 m T、内壁面及びその近傍では 2 ~ 2 0 0 0 m T とし、より好ましくは軸中心で 5 ~ 5 0 0 m T、内壁面及びその近傍で 5 ~ 1 0 0 0 m T である。

【 0 0 8 5 】

このように凹部 5 a 及びプラズマ吹出口 7 に磁場を形成することにより、そこに発生しているプラズマ内の電子の軌道を前記磁場により調整し、前記凹部及びプラズマ吹出口 7 の内部に電子を長く留まらせることができる。この電子の軌道調整により、電子のエネルギー（電子温度）を高めることなく、原料ガスへの電子の作用時間を長くできるため、活性種の生成が促進され、成膜速度が向上する。

【 0 0 8 6 】

また、磁石 1 0 を配して磁場を形成することにより、凹部 5 a の開口幅 W や深さ D 又はプラズマ吹出口 7 の開口幅 W の寸法の許容範囲が、磁石 1 0 を配していない場合に比べて概ね 3 0 % 程度広がる。

【 0 0 8 7 】

なお、本実施例では全ての凹部 5 a 及びプラズマ吹出口 7 に磁石 1 0 を配しているが、それら全てに磁石 1 0 を配するのではなく、選択されたいずれかにのみ

磁石 10 を配することもできる。更には電磁石等の手段により磁場を形成することも可能である。また、磁石の極性を含めた磁場の配置と同磁場の強度とは、プラズマ密度を高めるよう任意に設定される。

【 0 0 8 8 】

図 5 は、第 3 実施例による表面処理装置 21 の概略図である。同装置 21 は、本発明のホロープラズマ発生電極であるカソード電極 11 が中空円柱状の空洞体である点で上述した第 1 実施例と異なるが、その他の構成は上記第 1 実施例の表面処理装置 1 と同一である。

【 0 0 8 9 】

空洞体である前記カソード電極 11 は、アノード電極 6 との対向部分、すなわち前記カソード電極 11 の下壁部 11 a に、空洞内部に連通する円形断面をもつ複数の貫通孔 11 b が形成されている。この貫通孔 11 b は図 3 3 ~ 3 6 に示すような配置で形成することが好ましい。なお、この貫通孔 11 b は前記アノード電極 6 に形成されたプラズマ吹出口 7 の直上位置を避けた位置、即ち図 3 4 又は図 3 6 に示す配置で形成することがより望ましい。

【 0 0 9 0 】

この貫通孔 11 b をホローカソード放電の発生域とし得るよう、その開口幅 W 、すなわち直径 W を $W \leq 5 L(e)$ 又は $W \leq 20 X$ のいずれかを満足する範囲に設定している。但し、 $L(e)$ は所望のプラズマ発生条件下において、原料ガス種及びそこから分解発生する電氣的に中性の原子、分子種（活性種）のうち最も直径の小さな原子又は分子種（活性種）に対する電子の平均自由行程であり、 X は所望のプラズマ発生条件下において発生するシース層の厚みである。なお、前記開口幅 W は $X/20 \leq W$ の範囲に設定されることが好ましく、更には、 $X/5 \leq W$ の範囲に設定されることがより好ましい。

【 0 0 9 1 】

また、複数の前記貫通孔 11 b は開口幅 W が全て同一でなくてもよく、複数の前記貫通孔 11 b において均一にホローカソード放電を発生させるために、適宜、異なる開口幅 W に設定することができる。特に、印加電力の周波数に応じて、或いは、その他の条件によって、中心付近の貫通孔 11 b は開口幅 W を小さくし

外縁方向にその開口幅 W を漸増させ、或いは、中心付近で開口幅 W を大きくし外縁方向にその開口幅 W を漸減させることが好ましい。

【0092】

前記プラズマ発生条件のうちガス圧が $10 \sim 1400 \text{ Pa}$ の範囲内にあるときは、前記貫通孔11bの直径は $0.1 \sim 100 \text{ mm}$ の範囲に設定され、より好ましくは $1 \sim 20 \text{ mm}$ である。前記貫通孔11bの直径をかか範囲に設定することにより、前記貫通孔11bにホローカソード放電が発生する。

【0093】

また、前記貫通孔11bの長さ T 、すなわち本実施例の場合には前記下壁部11aの厚み T は概ね $X/50$ を下限とする。上限は装置寸法上の制約によって決定される。この貫通孔11bの長さ T は上述したガス圧及び直径の場合には、 $0.3 \sim 70 \text{ mm}$ が好ましい。

【0094】

なお、本実施例にあっては前記貫通孔11bは円形断面であるが、他にも楕円形、矩形、多角形、不定形状など任意の形状とすることができる。断面積も一定でなくてもよく、軸線方向に断面積を変化させてもよい。更には、前記貫通孔11bを断面が矩形状のスリット構造としたり、或いは図37に示すような渦巻き形状、蛇行状などの一次元的広がりをもつスリット構造とすることもできる。このようなスリット構造とする場合には、その貫通孔11bの開口幅 W とはスリット幅であり、このスリット幅を上述の範囲内で設定する。なお、このスリット幅は一定でなくてもよく、中心から外縁へ向けて漸増又は漸減させることもできる。また、前記貫通孔11bの内壁面に部分的な凹凸を形成してもよい。複数の前記貫通孔11bは、互いに同一寸法及び同一形態とする必要は無く、異なる寸法及び形態をもつ貫通孔11bを複数形成してもよい。

【0095】

更に、本実施例にあっては、前記カソード電極11の空洞内部をホローカソード放電の発生域とし得るよう、前記カソード電極11の前記貫通孔11bの形成方向に沿った空洞内部の対面距離、即ち図面では上下の高さ H を、 $H \leq 5L(e)$ 又は $H \leq 20X$ のいずれかを満足する範囲に設定している。但し、 $L(e)$ は所望

のプラズマ発生条件下において、原料ガス種及びそこから分解発生する電氣的に中性の原子、分子種（活性種）のうち最も直径の小さな原子又は分子種（活性種）に対する電子の平均自由行程であり、 X は所望のプラズマ発生条件下において発生するシース層の厚みである。前記空洞内部の高さ H は、 $X/20 \leq H$ の範囲に設定することが好ましく、更には、 $X/5 \leq H$ の範囲に設定することが好ましい。前記プラズマ発生条件のうちガス圧が上述したように $10 \sim 1400 \text{ Pa}$ の範囲内にあり、且つ貫通孔 $11b$ の寸法が上述の範囲に有る場合には、空洞内部の高さ H は $0.1 \sim 100 \text{ mm}$ に設定することが好ましく、更には空洞内部の高さ H は $1 \sim 20 \text{ mm}$ に設定することがより好ましい。

【0096】

なお、図示例では前記空洞内部の高さ H を一定にしているが、前記高さ H は一定でなくてもよい。ホローカソード放電を空洞内部の略全域にわたって均一に発生させるために、印加電力の周波数に応じて、或いは、その他の条件によって、中心付近での空洞内部の高さ H を小さくし外縁方向にその高さ H を漸増させ、或いは、中心付近で高さ H を大きくし外縁方向にその高さ H を漸減させることが好ましい。

【0097】

また、図示例では前記カソード電極 11 は壁部が略均一な厚みをもち、全体が中空になっている空洞体であるが、周壁部を厚くし、中心部分のみを中空状にしたり、或いは局部的な中空部分を形成することもできる。また、その中空部分に凹部を形成することもできる。

【0098】

前記カソード電極 11 の上壁部 $11c$ の中心に円筒状のガス供給口 $11d$ を形成し、このガス供給口 $11d$ から前記カソード電極 11 の空洞内部に、モノシラン等の原料ガスと、プラズマの発生を促進すると共にプラズマを安定化し、且つ原料ガスを基板 S まで搬送するためのキャリアガスとの混合ガスを導入している。なお、このガス供給口 $11d$ は円筒状に限定されるものではなく、矩形筒状であってもよい。更に、同ガス供給口 $11d$ の形成位置も前記上壁部 $11c$ の中心に限定されるものではなく、任意の位置に形成することが可能である。

【 0 0 9 9 】

かかるガス供給口 1 1 d から前記カソード電極 1 1 の内部に導入された混合ガスは、前記貫通孔 1 1 b から前記プラズマ発生室 3 内にシャワー状に導入される。このように、混合ガスを一旦、前記カソード電極 1 1 の内部に貯留したのち、前記貫通孔 1 1 b からシャワー状に前記プラズマ発生室 3 内に導入することにより、前記混合ガスを均一の濃度及び圧力で前記プラズマ発生室 3 内に導入することができる。

【 0 1 0 0 】

なお、前記カソード電極 1 1 の空洞内部にはキャリアガスのみを導入して、原料ガスは別途、異なる導入口を設けて前記プラズマ発生室 3 の内部、成膜処理室 4 の内部、或いはプラズマ吹出口 7 の途中へと導入することもできる。

【 0 1 0 1 】

前記カソード電極 1 1 に高周波電源 P により高周波電力を投入すると、前記電極 1 1, 6 間で放電が起こり、前記プラズマ発生室 3 内にプラズマが発生する。印加する高周波電力に応じて通常のグロー放電からホローカソード放電を含む放電に移行する。このとき、前記カソード電極 1 1 は、前記貫通孔 1 1 b にホローカソード放電が発生し、同貫通孔 1 1 b において新たなプラズマが発生すると共に、同カソード電極 1 1 の空洞内部においてもホローカソード放電が発生して新たなプラズマが発生している。そのため、前記プラズマ発生室 3 内において発生するプラズマは密度の大きなプラズマとなり、成膜処理に寄与する活性種が増加するため、表面処理の速度が高められる。

【 0 1 0 2 】

また、前記カソード電極 1 1 は空洞体であり、貫通孔 1 1 b を形成して同貫通孔 1 1 b と空洞内部とにプラズマを発生させているため、実質的にプラズマと接触するカソード電極 1 1 の表面積が、上述した第 1 実施例の場合よりも更に増大する。それにより、放電生成時における自己バイアスをよりプラスの側へともっていくことができ、接地されているアノード電極 6 近傍での原料ガスの励起、分解反応を促進し、表面処理の速度をより向上させることができる。

【 0 1 0 3 】

〈実験 1〉

第 3 実施例による表面処理装置 2 1 において、カソード電極 1 1 の貫通孔 1 1 b の直径を 2 ～ 2 0 mm、同貫通孔 1 1 b の長さ寸法 T を 2 ～ 8 mm、空洞内部の高さ H を 2 ～ 2 0 mm に設定し、水素ガス圧を 1 3 3 Pa として、周波数が 1 3 . 5 6 MHz の RF パワーを 0.02 W/cm^2 で印加した。その結果、プラズマ吹出口 7 ではホローアノード放電が発生し、また、前記カソード電極 1 1 の貫通孔 1 1 b 及びその空洞内部ではホローカソード放電が発生した。

【0 1 0 4】

更に、このときのカソード電極 1 1 の自己バイアスは最も低い値であっても - 9 V であった。これに対して、カソード電極 1 1 の貫通孔 1 1 b の径を 1 mm とし、同貫通孔 1 1 b 及び空洞内部においてホローカソード放電を発生させない、通常の正規放電型では、ガス圧及び RF パワーを同一とした場合のカソード電極の自己バイアスが - 3 0 V であり、また通常の平行平板型の場合には自己バイアスが - 7 4 V である。このことから、上記実施例の表面処理装置 2 1 にあっては、カソード電極 1 1 の自己バイアスは著しくプラスの側へと寄っていることがわかる。条件によって自己バイアスが正の電位へと極性を変えることも可能である。

【0 1 0 5】

また、上記条件下において、前記カソード電極 1 1 の貫通孔 1 1 b の長さ寸法 T を 9 mm としたところ、同貫通孔 1 1 b においてホローカソード放電は発生せず、カソード電極 1 1 の空洞内部においてもホローカソード放電は発生しなかった。そこで、前記貫通孔 1 1 b の長さ寸法 T を 9 mm としたままで RF パワーを上げていくと、 0.05 W/cm^2 のときに同カソード電極 1 1 の貫通孔 1 1 b 及び空洞内部においてホローカソード放電が発生した。

【0 1 0 6】

更に、前記カソード電極 1 1 の貫通孔 1 1 b の径を 5 mm とし、同カソード電極 1 1 の空洞内部の高さ H を 2 mm としたところ、RF パワーが 0.02 W/cm^2 以下では同空洞内部にはホローカソード放電が発生しなかったが、同カソード電極 1 1 の自己バイアスは - 6 V と大きくプラスの側へと寄っていた。また、

前記高さHを9mmとしたときには、RFパワーが 0.05 W/cm^2 以下では同空洞内部にはホローカソード放電が発生しなかったが、この場合もカソード電極11の自己バイアスは -9 V であり、上述の正規放電型や通常の平行平板型と比べて高い電圧となっていた。

【0107】

〈実験2〉

上記表面処理装置21を使用して、原料ガスとしてモノシランガス(SiH_4)を $7\text{ cm}^3/\text{min.}$ の流量で、またキャリアガスとして水素ガスを $105\text{ cm}^3/\text{min.}$ の流量で導入すると共に、成膜室の圧力を 29 Pa 、基板温度を $150\sim 260^\circ\text{C}$ に調整して、 13.56 MHz 、 0.1 W/cm^2 の高周波電力を印加し、白板ガラスの基板に成膜処理を行った。その結果、基板温度が 150°C と低い温度の場合でも前記基板表面には微結晶薄膜が形成されていた。また、上記温度範囲において、微結晶薄膜の成膜速度は最高で 40 \AA/sec. であり、従来達成できなかった高速での成膜が可能であった。更に上述の成膜条件を最適化し、前記基板温度を 300°C とすることにより、 150 \AA/sec. と極めて高速での成膜が可能となり、このような高速成膜であって薄膜は微結晶化しており、太陽電池として十分に機能する薄膜であった。勿論、アモルファス薄膜を成膜する場合には、更に高速での成膜が可能である。

【0108】

〈実験3〉

上記表面処理装置21を使用して高周波電源Pの周波数を 105 MHz に設定し、基板処理室3の圧力を $10\sim 1400\text{ Pa}$ 、基板の温度を $100\sim 450^\circ\text{C}$ の範囲に設定したとき、キャリアガスである水素ガスの流量と原料ガスであるモノシランガス(SiH_4)の流量との比、水素ガス流量/モノシランガス流量をRとすると、 $0.5 < R$ の範囲内において非晶質ではない結晶性のシリコン薄膜を作成することができた。また、p-i-n構造の太陽電池を試作したところ、太陽電池として動作することが確認できた。

【0109】

特に、 $0.5 < R < 20$ の範囲にあるときには、従来は結晶化が困難であると

いわれていたが、Rの大きい、即ち、モノシランガス流量に対して水素ガス流量の大きな場合と同等以上の良好な結晶性薄膜が得られることが、X線回折やラマン分光法によって確認できた。

なお、具体的な処理条件とその条件において結晶性の薄膜を形成可能な成膜速度とを以下の表1に例示する。

【表1】

	成膜室圧力 (Pa)	基板温度 (℃)	水素ガス流量 (sccm)	モノシランガス流量 (sccm)	RFパワー (W/cm ²)	成膜速度 (μm/min)
試料1	80	100~450	30	9	1	0.26
試料2	133	100~450	30	9	1.5	0.56
試料3	55	100~450	10	9	1.25	0.28
試料4	80	100~450	80	4.5	0.6	0.24

※成膜速度は結晶性の膜が成膜できる速度である。

上述した試料1~4の結晶性薄膜は、いずれもX線回折で(220)に配向する結晶性薄膜であることが確認された。

更に、これらの薄膜をp-i-n型の太陽電池に応用する場合には、n型、i型(上記条件)と積層した後、p型を積層する前に上記条件よりも低パワー且つ低速で更に薄くi型の層を積層してからp型の層を成膜して電池とすることにより、太陽電池の効率が向上する。例えば、80Pa、100~450℃、H₂；40sccm、SiH₄；1.5sccm、RFパワー；0.25W/cm²の条件で且つ成膜速度を0.01μm/minとして、厚さ5~100nmのi層をバッファ層として挿入すると、太陽電池の効率が50%向上した。

【0110】

このように成膜速度が向上した理由としては、まず、プラズマ吹出口7におけるホローアノード放電、カソード電極11の貫通孔11b及びその空洞内部でのホローカソード放電により高密度なプラズマが得られたことが挙げられる。更に

、カソード電極 1 1 のプラズマに接触する表面積を増大させたことにより、その自己バイアスをプラスの側にもっていくことができ、プラズマがアノード電極に近い領域でも発生するため、基板処理室 4 へのプラズマ吹出口 7 を通して効率良く基板表面へとプラズマを導くことができる。また、この自己バイアスの制御により、同時にプラズマ空間電位をも制御することが可能になったため、そのプラズマ空間電位を適度に設定し、成膜速度に応じた適度なイオンの衝撃を与えることができ、高速成膜での結晶化が可能となったものと考えられる。

【0 1 1 1】

なお、上述の表面処理装置 2 1 は、成膜以外のアッシングやエッチング、イオンドーピング等の他の表面処理を行った場合にも、従来よりも低温で且つ高速に表面処理を行うことが可能であった。

【0 1 1 2】

図 6 は、第 4 実施例による表面処理装置 2 2 の概略図である。同装置 2 2 は、空洞体であるカソード電極 1 1 に形成された貫通孔 1 1 b の内壁面及びプラズマ吹出口 7 の内壁面に磁石 1 0 が配されている点で上述した第 3 実施例と異なるが、その他の構成は上記第 3 実施例の表面処理装置 2 1 と同一である。

【0 1 1 3】

前記磁石 1 0 の磁場は、磁力線の方法が上記貫通孔 1 1 b 及びプラズマ吹出口 7 の各軸線方向と平行になるように印加されることが望ましい。同磁石の強度は前記貫通孔 1 1 b 及びプラズマ吹出口 7 のそれぞれの軸中心において 1 ～ 2 0 0 0 mT、内壁面及びその近傍で 2 ～ 2 0 0 0 mT とし、より好ましくは軸中心で 5 ～ 5 0 0 mT、内壁面及びその近傍で 5 ～ 1 0 0 0 mT とする。

【0 1 1 4】

このように貫通孔 1 1 b 及びプラズマ吹出口 7 に磁場を形成することにより、そこに発生しているプラズマ内の電子の軌道を前記磁場により調整し、前記貫通孔 1 1 b 及びプラズマ吹出口 7 の内部に電子を長く留まらせることができる。この電子の軌道調整により、電子のエネルギー（電子温度）を高めることなく、原料ガスへの電子の作用時間を長くできるため、活性種の生成が促進され、成膜速度が向上する。

【 0 1 1 5 】

また、磁石 1 0 を配して磁場を形成することにより、貫通孔 1 1 b の開口幅 W や長さ T 及びプラズマ吹出口 7 の開口幅 W の寸法の許容範囲が、磁石 1 0 を配していない場合に比べて概ね 3 0 % 程度広がる。

【 0 1 1 6 】

なお、本実施例では全ての貫通孔 1 1 b 及びプラズマ吹出口 7 に磁石 1 0 を配しているが、それら全てに磁石 1 0 を配するのではなく、選択されたいずれかにのみ磁石 1 0 を配することもできる。また、電磁石等の手段により磁場を形成することも可能である。更には、前記磁石 1 0 は、例えば前記貫通孔 1 1 b 及び前記プラズマ吹出口 7 の内壁面内に埋設することもできる。或いは図 7 (a) に示すように空洞体である前記カソード電極 1 1 の上壁部 1 1 c 内に埋設したり、図 7 (b) に示すように、前記カソード電極 1 1 の外側、上壁部 1 1 c の上方に配することもできる。このような磁石 1 0 の極性を含めた配置と磁場の強度とはプラズマ密度を高めるよう、任意に設定される。

【 0 1 1 7 】

また、空洞内部のホローカソード放電がより高密度になるよう、前記空洞内部にも磁場を形成すべく磁石を配置することも可能である。この場合には、空洞内部における磁力線が電極面と平行になるように、磁場を付与することが望ましい。例えば、図 8 (a) に示すように、カソード電極 1 1 の上下壁部 1 1 c , 1 1 a の内部や同カソード電極 1 1 の周壁部の外側に配したり、図 8 (b) に示すように、カソード電極 1 1 の外側、上壁部 1 1 c の上方や、同カソード電極の下壁部 1 1 a の内部、周壁部の外側などに配してもよい。また、図 8 (c) に示すように周壁部の内部に埋設することもできる。なお、同図 8 (c) は各種配置を一図にまとめて記載したものである。

【 0 1 1 8 】

これらの図は磁石の配置の単なる例示にすぎず、これら図面に開示された磁石 1 0 の配置位置や配置個数に限定されるものではない。前記磁石 1 0 をカソード電極 1 1 の内部に埋設又は外部に配置し、或いはその組み合わせにより、前記空洞内部や貫通孔 1 1 b でのホローカソード放電がより高密度になるよう、磁石の

配置と磁場強度とを任意に設定することができる。なお、これらの磁石10の配置にあたっては、前記磁石10がプラズマに直接晒されることがないように取り付けることが好ましい。

【0119】

〈実験4〉

この図6に示す第4実施例による表面処理装置22を用いて、上述の第3実施例の実験2と同一の条件、すなわち、モノシランガス (SiH_4) を $7 \text{ cm}^3 / \text{min.}$ の流量で、また水素ガスを $105 \text{ cm}^3 / \text{min.}$ の流量で導入すると共に、成膜室の圧力を 29 Pa 、基板温度を $150 \sim 260^\circ\text{C}$ に調整して、 13.56 MHz 、 0.1 W/cm^2 の高周波電力を印加し、白板ガラスの基板に成膜処理を行った。その結果、成膜速度が 70 \AA/sec. と上述の第3実施例の場合と比べて更に75%も高速での成膜が可能となり、このような高速成膜であって薄膜は微結晶化しており、太陽電池として十分に機能する薄膜であった。

【0120】

更に、カソード電極11における貫通孔11b又はその空洞内部でのホローカソード放電により生じるプラズマ密度を大きくする変形例を図9に示す。

先ず、前記貫通孔11bにおいてホローカソード放電を効率良く発生させる観点からは、前記貫通孔11bの長さTは大きいほうが有利であり、より強いプラズマを発生させることができる。しかしながら、前記カソード電極の下壁部11aの厚みは、材料コストの観点からも空洞内部に導入されるガス圧及び印加電力に耐え得る最小の厚みにすることが望ましい。

【0121】

そのため、前記貫通孔11bの長さTを長くするためには、同貫通孔11bの周縁にノズル体12を取り付けることが望ましい。なお、このノズル体12は前記貫通孔11bからプラズマ発生室3側へ突設してもよく、或いは空洞内部へ突設することもできる。更には両側へ突設してもよい。また、同ノズル体12を図9に示すように磁石10により構成することもできる。但し、磁石10が直接プラズマに晒されることがないようにすることが好ましい。

【0122】

なお、図9に示すノズル体12はいずれも、その中心線を貫通孔11bの線と一致させて配しているが、前記ノズル体12の中心線を前記貫通孔11bの軸線に対して角度をもって配する、即ち、ノズル体12を斜めに配することもできる。また、図9に示すノズル体12は断面積が一定の筒体であるが、かかる形状に限定されるものではなく、その断面積を漸増又は漸減させる形状をもつ筒体であってもよい。更にはチューブ状のノズル体をらせん状に配することもできる。かかるノズル体の変形については、上述したプラズマ吹出口や凹部に取り付けられるノズル体にも適用が可能である。

【0123】

更に、プラズマが接触するカソード電極11の表面積を増大させるために、同カソード電極11の空洞内部をその高さ方向に延在する隔壁11eにより仕切ることができる。このように表面積を自在に調節することができるため、同カソード電極11の自己バイアスを自由に制御できる。なお、前記隔壁11eはカソード電極11の上下の壁部11c、11aと密着していなくてもよく、隙間が形成され仕切られた各空間が連通していてもよい。

【0124】

仕切られた各空間には図10に示すようにそれぞれにガス供給口11dを設けることが望ましい。或いは、前記アノード電極6の周壁部に開口する位置にガス供給口8を形成することもでき、また、それら複数のガス供給口8、11dを組み合わせて複数形成することもできる。前記カソード電極11の前記ガス供給口11dからはキャリアガスのみを導入して、原料ガスは前記アノード電極6のガス供給口8、或いは別途、異なる導入口を設けて前記プラズマ発生室3の内部、成膜処理室4の内部、或いは前記プラズマ吹出口7の途中へと導入することもできる。

【0125】

なお、図9は複数の貫通孔11bの形態を例示するものであり、全ての貫通孔11bが異なる形態である図示の実施例に限定されるものではない。全ての貫通孔11bが同一の形態であってもよく、或いは複数種類の貫通孔11bが混在していてもよい。ノズル体12の長さ寸法も、全ての貫通孔11bにおいて同一で

あってもよく、或いは適宜長さを変化させ、基板表面へと到達するプラズマの強さを基板の全表面において均一化させることもできる。また、隔壁の形成位置及び形成数も同図 9 に限定されるものではなく、表面処理に必要なプラズマの強さに応じて自由に設計が可能である。

【0 1 2 6】

更に、プラズマの強さを左右する因子として、高周波励起電源周波数を高めると結晶化が進むことは知られている。そこで、周波数を変更する実験を行った。

〈実験 5〉

上述した実験 1、2 及び 4 では高周波励起電源周波数を 1 3 . 5 6 M H z としていたが、これを 1 0 5 M H z に変更し、同一の条件で成膜を行ったところ、それぞれの実験における効果に更に高周波化による効果が加わり、成膜速度が 2 6 0 Å / sec. であっても薄膜が結晶化していた。また、成膜速度が 2 4 0 Å / sec. の場合には太陽電池として十分に機能し得る結晶膜が得られた。

【0 1 2 7】

カソード電極 1 1 が空洞体である上述した第 3、第 4 実施例及びそれらの変形例では、図 5、6 及び 9 に示すように、カソード電極 1 1 の空洞内部のほぼ全域においてホローカソード放電が発生している。しかしながら、前記カソード電極 1 1 の空洞内部の高さ寸法や、貫通孔 1 1 d の形状、数、及び配置、更には磁石 1 0 の配置などによって、前記空洞内部の全域にわたってホロー放電が発生しない場合もあり、前記空洞内部の一部にのみホローカソード放電が発生し、或いは前記空洞内部において不均一にホローカソード放電が発生することもある。一般的傾向として、ホロー放電を起こしている貫通孔近傍の中空部では、空洞内部でも他よりも明るいホロー放電が発生している。

【0 1 2 8】

図 1 1 は、第 5 実施例による表面処理装置 2 3 の概略図である。同装置 2 3 は、カソード電極 1 1' の空洞内部にホローカソード放電が発生しないように、同空洞内部の内壁面を絶縁体により構成している点で上述した第 3 実施例と異なるが、その他の構成は上記第 3 実施例の表面処理装置 2 1 と同一である。

【0 1 2 9】

ただし、前記カソード電極 1 1' の下壁部 1 1 a 内面において一部電極を露出させてもよく、その場合には前記プラズマ発生室 3 において発生したプラズマが貫通孔 1 1 b を通って空洞内部へと侵入し、その露出した電極面を這うことができる。それにより、プラズマが実質的に接触し得るカソード電極 1 1' の表面積を増大させることができ、自己バイアスの増大を図ることができる。

【0 1 3 0】

また、前記カソード電極 1 1' の空洞内部にホローカソード放電を発生させないためには、上述のように内壁面を絶縁体で構成することの他にも、同空洞内部の高さ H を高くする方法が挙げられるが、この高さ H は、R F パワーやガス圧によっても変化するため、内壁面を絶縁体で構成する方法がより確実である。

【0 1 3 1】

このようにプラズマの発生場所を制御できると共に、カソード電極 1 1' のプラズマと接触する表面積をも調節でき、自己バイアスをも制御できるため、用途に応じた強さのプラズマを発生させることができる。

【0 1 3 2】

<実験 6>

上記表面処理装置 2 3 を使用して、上述した実験 2 と同一の条件で成膜をおこなったところ、前記貫通孔 1 1 b においてホローカソード放電が発生し、プラズマ吹出口 7 においてはホローアノード放電が発生して、プラズマの密度が高まり、微結晶薄膜を高速で成膜することが可能であった。また、得られた薄膜は太陽電池としても十分に機能し得るものであった。

【0 1 3 3】

図 1 2 は第 6 実施例による表面処理装置 2 4 の概略図であり、この表面処理装置 2 4 は上述した第 5 実施例の表面処理装置 2 3 におけるカソード電極 1 1' の貫通孔 1 1 b 及びプラズマ吹出口 7 の内周壁に磁石 1 0 を配したものである。

【0 1 3 4】

<実験 7>

第 6 実施例の表面処理装置 2 4 を使用して、上述した実験 2 と同一の条件で成膜を行ったところ、上述の実験 6 と比較して、成膜速度や電池効率が 1 0 % 以上

向上した。

【0135】

なお、上述した空洞体であるカソード電極11の変形例として、例えば図13(a)に示す空洞体であるカソード電極15のように、空洞内部に連通する複数の貫通孔15bを有する下壁部15aと、上壁部15cとの間を、一以上の貫通孔15dを有する一以上の仕切り壁15eにより上下に複数段に仕切ることができる。また、このとき、図13(b)に示す空洞体であるカソード電極15'のように、下壁部15aに形成された複数の貫通孔15bと、仕切り壁15eに形成された複数の貫通孔15dとが、上下方向に互いに重ならないようにそれぞれの貫通孔15b、15dを形成することが好ましい。

【0136】

また、各貫通孔15b、15dの数を下壁部15aと仕切り壁15eとの間で異ならせてもよい。また、各貫通孔15b、15dの開口寸法も下壁部15aと仕切り壁15eとで異ならせてもよく、更には、下壁部15aの複数の貫通孔15bや、仕切り壁15eの複数の貫通孔15dにおいても、全て均一の開口寸法とする必要はなく、開口寸法を中心部分から外縁方向に漸減又は漸増させるように変化させることもできる。

【0137】

上述した空洞体であるカソード電極11の更に他の変形例として、図13(c)に示す空洞体からなるカソード電極16のように、複数の中空電極部材16aを連結口16bにより上下に複数段に連結することもできる。

【0138】

図14は本発明の第7実施例による表面処理装置25の概略図である。この表面処理装置25も、ケーシング2内がプラズマ発生室3と基板処理室4との2室に画成されている。前記プラズマ発生室3内にはカソード電極5とアノード電極6'とが配され、前記アノード電極6'が前記プラズマ発生室3と基板処理室4とを画成している。同アノード電極6'の中心には円形のプラズマ吹出口7'が形成されており、このプラズマ吹出口7'を介して前記プラズマ発生室3と基板処理室4とが連通されている。

【 0 1 3 9 】

前記カソード電極 5 は前記アノード電極 6' との対向面に、断面が円形をなす複数の凹部 5 a が形成されており、この凹部 5 a の開口幅 W は、 $W \leq 5 L(e)$ 又は $W \leq 20 X$ のいずれかを満足する範囲に設定されている。更に好ましくは、前記開口幅 W は $X/5 \leq W$ の範囲に設定される。前記凹部 5 a の直径をかかるとする範囲に設定することにより、前記凹部 5 a においてホローカソード放電が発生する。

【 0 1 4 0 】

本実施例の以上の構成は上述した第 1 実施例と同様であるが、前記アノード電極 6' に形成されているプラズマ吹出口 7' の開口幅 W が大きいため、又は長さ（厚み）T が小さいため、同プラズマ吹出口 7' においてホロー放電が発生していない点で上述した第 1 実施例の表面処理装置 1 とは異なるものである。

【 0 1 4 1 】

本実施例では、プラズマ吹出口 7' においてホロー放電が発生しないため、上述した第 1 実施例よりは表面処理の速度及び品質が若干劣るものの、カソード電極 5 の凹部 5 a においてホローカソード放電が生じているため、従来の表面処理装置と比較すれば、その処理速度及び処理品質は向上している。

【 0 1 4 2 】

また、図 15 は本発明の第 8 実施例による表面処理装置 26 の概略図である。この表面処理装置 25 も、ケーシング 2 内がプラズマ発生室 3 と基板処理室 4 との 2 室に画成されている。前記プラズマ発生室 3 内にはカソード電極 5'' とアノード電極 6'' とが配され、電力の印加される前記カソード電極 5'' が前記プラズマ発生室 3 と基板処理室 4 とを画成している。同カソード電極 5'' の中心には円形のプラズマ吹出口 7'' が形成されており、このプラズマ吹出口 7'' を介して前記プラズマ発生室 3 と基板処理室 4 とが連通されている。

【 0 1 4 3 】

前記プラズマ吹出口 7'' は、開口幅 W が $X/5 \leq W \leq 5 L(e)$ 又は $X/5 \leq W \leq 20 X$ のいずれかを満足する範囲に設定されているため、同プラズマ吹出口 7'' において、ホローカソード放電が生じている。即ち、本実施例における前記プラズマ吹出口 7'' は本件請求項 1 に係る発明のホロー放電の発生域であると同時に

に、本件請求項2に係る発明のホローカソード放電発生域でもある。

【0144】

なお、上述したいずれの実施例も表面処理装置の上方にプラズマ発生室3を、その下方に基板処理室4を設けているが、これら実施例とは逆に、下方にプラズマ発生室3を配して、その上方に基板処理室を設け、プラズマを下方から上方へと流出させるタイプの装置とすることも可能である。更には、表面処理装置のケーシングを左右二室に画成し、プラズマ発生室と基板処理室とを水平に配し、プラズマを横方向に流出させるタイプの装置とすることも可能である。いずれの場合にあっても、基板はプラズマ吹出口に対向させてプラズマの流出方向に直交して配することができ、或いは、基板をプラズマの流出方向と平行に配することも可能である。また、プラズマ発生手段も一对のプラズマ発生電極に限定されるものではなく、例えば三極以上の電極を有する放電、マイクロ波放電や容量結合型放電、誘導結合型放電、PIG放電、電子線励起放電によるプラズマ発生手段なども採用できる。

【0145】

図16(a)及び図16(b)に示すように、ホローカソード放電が発生するカソード電極5、11のアノード電極側及び／又はその反対側の近傍に、他の電極13を配することもできる。他の電極13はカソード電極5に形成された凹部5a又は空洞体であるカソード電極11に形成された貫通孔11bの開口幅Wよりも小さな開口幅をもつ小孔13aが多数形成されている。或いは、前記他の電極13はメッシュ状であってもよい。なお、ホローカソード放電が発生する貫通孔を有するカソード電極の場合であっても、同様に、前記貫通孔の開口幅Wよりも小さな小孔が多数形成された他の電極を配することもできる。

【0146】

他の電極13はフローティング状態を含む任意の電圧にバイアスされており、特に好ましくは、接地されているアノード電極6の電圧とプラズマが有する空間電位の最大値との間の電圧値に設定され、或いは、ホローカソード放電が発生しているカソード電極5の電圧とプラズマの有する空間電位の最大値との間の電圧値に設定されている。

【0147】

更に、前記他の電極13に形成されている小孔13aを図16に示すように、カソード電極5、11の凹部5a又は貫通孔11bに対応する位置に形成すれば、電子が更にホローカソード放電域に閉じ込められて、いっそう大電流の放電である超高密度ホローカソード放電が可能になる。

【0148】

或いは、図17(a)及び17(b)に示すように、カソード電極5''に形成された凹部5a''や、カソード電極11''に形成された貫通孔11b''において、開口部分の面積が前記凹部5a''や貫通孔11b''の他の部分の断面積よりも十分小さく形成することにより、電子をホローカソード放電域である前記凹部5a''や前記貫通孔11b''内または中空部に効率よくに閉じ込めることができる。なお、同図では前記凹部5a''や貫通孔11b''はその上半部が円柱状で下半部が半球状であるが、円錐状や角錐状、更には紡錘形状としてもよい。

【0149】

図18は本発明の第9実施例である表面処理装置27の概略図である。同装置27は、アノード電極14がカソード電極5との対向部分が空洞体である点で上述した第1実施例と異なるが、その他の構成は上記第1実施例の表面処理装置1と略同一である。

【0150】

前記アノード電極14は、カソード電極5との対向部分が空洞体14aとなっており、その空洞体14aの中心に、上壁部14bと下壁部14cとを一直線上に貫通する単一のプラズマ吹出口7が形成されている。更に、本実施例にあっては、前記アノード電極14の空洞体14aの内部をホローアノード放電の発生域とし得るよう、前記空洞体14aの前記プラズマ吹出口7の形成方向に沿った対面距離、即ち図では上下の高さHを、 $H \leq 5L(e)$ 又は $H \leq 20X$ のいずれかを満足する範囲に設定している。但し、 $L(e)$ は所望のプラズマ発生条件下において、原料ガス種及びそこから分解発生する電氣的に中性の原子、分子種（活性種）のうち最も直径の小さな原子又は分子種（活性種）に対する電子の平均自由行程であり、Xは所望のプラズマ発生条件下において発生するシース層の厚みであ

る。前記空洞内部の高さHは、 $X/20 \leq H$ の範囲に設定することが好ましく、更には、 $X/5 \leq H$ の範囲に設定することが好ましい。

【0151】

本実施例においては、プラズマ吹出口7におけるホローアノード放電とカソード電極5の凹部5aにおけるホローカソード放電とに加え、更に、アノード電極14の空洞体14aの内部においてホローアノード放電が発生し、前記アノード電極14の空洞体14aの内部においても新たなプラズマが発生している。そのため、基板Sへと到達するプロセスプラズマの密度が更に高まり、成膜処理に寄与する活性種が増加するため、表面処理速度が向上すると共に、その処理品質も更に向上する。

【0152】

なお、図示例では前記空洞体14aの内部高さHを一定にしているが、前記高さHは一定でなくてもよい。ホローアノード放電を空洞体14aの内部の略全域にわたって均一に発生させるために、印加電力の周波数に応じて、或いは、その他の条件によって、中心付近での空洞内部の高さHを小さくし外縁方向にその高さHを漸増させ、或いは、中心付近で高さHを大きくし外縁方向にその高さHを漸減させることが好ましい。

【0153】

或いは、前記空洞体14aはその内部全体においてホローアノード放電を発生させる必要は無く、少なくとも一部においてホローアノード放電を発生させることができれば、表面処理の品質及び処理速度の向上が認められる。

【0154】

図19は上述した空洞体であるアノード電極14の変形例である。上述したアノード電極14は空洞体14aの中心に単一のプラズマ吹出口7を貫通して形成していたが、図19に示すアノード電極14'のように、空洞体14aの上壁部14bと下壁部14cとにそれぞれ空洞内部に連通する、プラズマ吹出口としての複数の貫通孔14dを形成することも可能である。なおこの場合、上壁部14bの貫通孔14dと下壁部14cの貫通孔14dとは上下に一直線上に並ばないように互いにずらして形成することが好ましい。更に、貫通孔14dを図33～

図36の配列で形成することが好ましい。

【0155】

また、複数の前記貫通孔14dは開口幅Wが全て同一でなくてもよく、複数の前記貫通孔14dにおいて均一にホローアノード放電を発生させるために、適宜、異なる開口幅Wに設定することができる。特に、印加電力の周波数に応じて、或いは、その他の条件によって、中心付近の貫通孔14dは開口幅Wを小さくし外縁方向にその開口幅Wを漸増させ、或いは、中心付近で開口幅Wを大きくし外縁方向にその開口幅Wを漸減させることが好ましい。

【0156】

また、前記貫通孔14dの長さT、すなわち本実施例の場合には前記下壁部14bの厚みTは概ね $X/50$ を下限とする。上限は装置寸法上の制約によって決定される。この貫通孔14dの長さTは上述したガス圧及び直径の場合には、0.1～70mmが好ましい。

【0157】

なお、本実施例にあっては前記貫通孔14dは円形断面であるが、他にも楕円形、矩形、多角形、不定形状など任意の形状とすることができる。断面積も一定でなくてもよく、軸線方向に断面積を変化させてもよい。更には、前記貫通孔14dを断面が矩形状のスリット構造としたり、或いは図37に示すような渦巻き形状、蛇行状などの一次元的広がりをもつスリット構造とすることもできる。このようなスリット構造とする場合には、その貫通孔14dの開口幅Wとはスリット幅であり、このスリット幅を上述の範囲内で設定する。また、前記貫通孔11bの内壁面に部分的な凹凸を形成してもよい。複数の前記貫通孔14dは、互いに同一寸法及び同一形態とする必要は無く、異なる寸法及び形態をもつ貫通孔14dを複数形成してもよい。

【0158】

前記アノード電極14'には、前記貫通孔14dの内壁面や空洞体14aの内部に開口するガス供給口8'を形成することができる。例えば成膜処理の場合には、前記プラズマ発生室3へはキャリアガスのみを導入し、前記アノード電極14'のガス供給口8'からはモノシラン等の原料ガスを導入することにより、同

原料ガスの不要な空間での分解を防止し、原料ガスを効率よく成膜処理に寄与させることができる。なお、複数の貫通孔 14 d の全てにガス供給口 8' を設けることもでき、あるいは一部の貫通孔 14 d にのみガス供給口 8' を設けることもできる。更に、空洞体 14 a の内壁面には複数のガス供給口 8' を開口させることもできる。

【0159】

更に、アノード電極 14' における空洞体 14 a 内部及び貫通孔 14 d でのホローアノード放電により生じるプラズマ密度を大きくする変形例を、図 20 (a) 及び図 20 (b) に示す。

先ず、前記貫通孔 14 d においてホローアノード放電を効率良く発生させる観点からは、前記貫通孔 14 d の長さ T は大きいほうが有利であり、より強いプラズマを発生させることができる。しかしながら、前記アノード電極の上下壁部 14 b, 14 c の厚みは、材料コストの観点からも空洞内部に導入されるガス圧及び印加電力に耐え得る最小の厚みにすることが望ましい。

【0160】

そのため、前記貫通孔 14 d の長さ T を長くするためには、下壁部 14 c の貫通孔 14 d の周縁にノズル体 12 を取り付けることが望ましい。なお、このノズル体 12 は前記貫通孔 14 d から基板処理室 4 側へ突設してもよく、或いは空洞体 14 a の内部へ突設することもできる。更には両側へ突設してもよい。また、同ノズル体 12 を図 20 (a) に示すように磁石 10 により構成することもできる。このとき、磁石 10 は直接プラズマに晒されないように配することが好ましい。

【0161】

なお、図 20 (a) に示すノズル体 12 はいずれも、その中心線を貫通孔 14 d の線と一致させて配しているが、前記ノズル体 12 の中心線を前記貫通孔 14 d の軸線に対して角度をもって配する、即ち、ノズル体 12 を斜めに配することもできる。また、図 20 (a) に示すノズル体 12 は断面積が一定の筒体であるが、かかる形状に限定されるものではなく、その断面積を漸増又は漸減させる形状をもつ筒体であってもよい。更にはチューブ状のノズル体をらせん状に配する

こともできる。

【0162】

更に、プラズマが接触するアノード電極14'の表面積を増大させるために、前記アノード電極14'の空洞体14aの内部に、上下方向に延びる隔壁や、水平方向に延びる隔壁を設けて、内部を複数室に分割することもできる。なお、内部の分割された各室に形成されている貫通孔14dは全て同一であってもよく、或いは異ならせることもできる。また、上下方向に延びる前記隔壁は、前記空洞体14aの上下壁部14b, 14cとの間に隙間が形成され、各室が連通しているてもよい。

【0163】

また、前記アノード電極14'には、図20(b)に示すように、プラズマ吹出口である前記貫通孔14dや空洞体14aの内部に磁場を付与するように磁石10を各貫通孔14dの内周面、前記空洞体14aの上下壁部14b, 14c、或いは周壁部に埋設したり、それらの近傍に配することができる。前記磁石10は、その磁力線の方法が貫通孔14dの軸線方向と平行になるように磁場が印加されるよう、或いは磁力線の方法が前記上下壁部14b, 14cと平行になるように磁場が印加されるよう、配されていることが好ましい。

【0164】

このように貫通孔14dや空洞体14aの内部に磁場を形成することにより、そこに発生しているプラズマ内の電子の軌道を前記磁場により調整し、前記貫通孔14dや空洞体14aの内部に電子を長く留まらせることができる。この電子の軌道調整により、電子のエネルギー（電子温度）を高めることなく、原料ガスへの電子の作用時間を長くできるため、活性種の生成が促進され、成膜速度が向上する。

【0165】

図21～図23は上述した第9実施例の第1～第3変形例による表面処理装置28～30の概略図である。図21に示す表面処理装置28は、第9実施例のカソード電極5を空洞体のカソード電極11に変更し、同カソード電極11の空洞内部及び同カソード電極11に形成された貫通孔11bをホローカソード放電域

としたものである。

【0166】

図22に示す表面処理装置29は、第9実施例のカソード電極5を空洞体をなし且つその空洞内部の内壁面を絶縁したカソード電極11'に変更し、同カソード電極11'に形成された貫通孔11bをホローカソード放電域としたものである。また、図23に示す表面処理装置30は、第9実施例のカソード電極5を単なる平板状の電極5'に変更し、同カソード電極5'ではホローカソード放電は発生させず、ホローアノード放電のみを発生させている。

【0167】

これらの変形例はいずれも、第9実施例と上述した本発明の他の実施例との組み合わせであり、それぞれ、上述したような各実施例における作用効果を兼ね備えている。従って、いずれの変形例にあっても、ホローアノード放電やホローカソード放電によって、プロセスプラズマの密度が高まり、各種処理速度が著しく向上する。

【0168】

図24は本発明の第10実施例である表面処理装置40の概略図である。同表面処理装置40は、空洞状のアノード電極17の内部が基板処理室4'を構成している。

空洞状のアノード電極17は上壁部17aの中心に貫通孔17bが形成されており、この貫通孔17bがプラズマ吹出口を構成している。また、同アノード電極17の下壁部17cの内面中央部分が基板支持台を構成すると共に、同下壁部17cの周縁部分には複数の排気口17dが形成されている。また、同下壁部17cの中央部分には基板の加熱手段を内装させることもできる。なお、アノード電極17内の基板の支持位置や排気口17dの形成位置は上述のものに限定されるものではなく、任意の位置を選択できる。

【0169】

本実施例にあつては、前記アノード電極17の貫通孔17bをホローアノード放電の発生域とし得るよう、前記貫通孔17bの開口幅Wを、 $W \leq 5L(e)$ 又は $W \leq 20X$ のいずれかを満足する範囲に設定している。更に前記開口幅Wは、X

$X/20 \leq W$ の範囲に設定することが好ましく、 $X/5 \leq W$ の範囲に設定することがより好ましい。また、本施例にあっては、前記アノード電極 17 の空洞内部をもホローアノード放電の発生域とし得るよう、前記空洞内部の高さ H を、 $H \leq 5L(e)$ 又は $H \leq 20X$ のいずれかを満足する範囲に設定している。前記空洞内部の高さ H も、 $X/20 \leq H$ の範囲に設定することが好ましく、更には、 $X/5 \leq H$ の範囲に設定することが好ましい。

【0170】

但し、 $L(e)$ は所望のプラズマ発生条件下において、原料ガス種及びそこから分解発生する電氣的に中性の原子、分子種（活性種）のうち最も直径の小さな原子又は分子種（活性種）に対する電子の平均自由行程であり、 X は所望のプラズマ発生条件下において発生するシース層の厚みである。

【0171】

同基板処理装置 40 では、基板処理室 4' をアノード電極 17 の空洞内部に形成し、このアノード電極 17 の空洞内部にはホローアノード放電を発生させているため、基板 S の処理に寄与するプラズマの密度が極めて高まるため、処理速度も著しく向上する。但し、この基板処理装置 40 では、プラズマによる基板 S へのイオンダメージが大きいため成膜処理には不適であり、同装置 40 はエッチング、アッシング又はイオンドーピングの処理に適している。

【0172】

図 25 (a) 及び図 25 (b) は基板処理室 4' を構成する空洞状のアノード電極の変形例である。図 25 (a) に示すアノード電極 17' は上壁部 17a にプラズマ吹出口を構成する複数の貫通孔 17b が形成されている点で上述のアノード電極 17 とは異なる。なお、前記貫通孔 17b は図 33 ～ 図 36 に示すような配置で形成することが好ましい。

【0173】

この複数の貫通孔 17b は、本実施例にあっては円形断面であるが、他にも楕円形、矩形、多角形、不定形状など任意の形状とすることができる。断面積も一定でなくてもよく、軸線方向に断面積を変化させてもよい。更には、前記貫通孔 17b を断面が矩形状のスリット構造としたり、或いは図 37 に示すような渦巻

き形状、蛇行状などの一次元的広がりをもつスリット構造とすることもできる。このようなスリット構造とする場合には、その貫通孔 1 7 b の開口幅 W とはスリット幅であり、このスリット幅を上述の範囲内で設定する。また、前記貫通孔 1 7 b の内壁面に部分的な凹凸を形成してもよい。複数の前記貫通孔 1 7 b は、互いに同一寸法及び同一形態とする必要は無く、異なる寸法及び形態をもつ貫通孔 1 7 d を複数形成してもよい。

【 0 1 7 4 】

また、図 2 5 (b) に示すアノード電極 1 7 " は、プラズマ吹出口である前記貫通孔 1 7 b や排気口 1 7 d 、空洞内部に磁場を付与するように磁石 1 0 を各貫通孔 1 7 b や排気口 1 7 d の内周面、前記空洞内部の上下壁部 1 7 a , 1 7 c 、或いは周壁部に埋設したり、それらの近傍に配することができる。前記磁石 1 0 は、その磁力線の方が貫通孔 1 7 b や排気口 1 7 d の軸線方向と平行になるように磁場が印加されるよう、或いは磁力線の方が前記上下壁部 1 7 a , 1 7 d と平行になるように磁場が印加されるよう、配されていることが好ましい。

【 0 1 7 5 】

このようにプラズマ吹出口である貫通孔 1 7 b や空洞内部に磁場を形成することにより、そこに発生しているプラズマ内の電子の軌道を前記磁場により調整し、前記貫通孔 1 7 b や空洞内部に電子を長く留まらせることができる。この電子の軌道調整により、電子のエネルギー（電子温度）を高めることなく、原料ガスへの電子の作用時間を長くできるため、活性種の生成が促進され、成膜速度が向上する。

【 0 1 7 6 】

図 2 6 は、各種貫通孔でのホロー放電を発生しやすくするための変形例を示している。同図 2 6 ではアノード電極 6 に形成されたプラズマ吹出口 7 を例に説明する。

図 2 6 (a) に示す変形例では、アノード電極 6 の下面にプレート状の絶縁体 1 8 を密着されて配しており、更に、同絶縁体 1 8 の下面に金属プレートからなる他の電極 1 9 を配している。プラズマ吹出し口 7 はこれらアノード電極 6 、絶縁体 1 8 、及び他の電極 1 9 を貫通して形成されている。この他の電極 1 9 には

前記アノード電極の電位よりも低い電位となるように、直流バイアスや交流バイアス（高周波やパルスを含む）を印加している。

【0177】

ここで、プラズマの電位はそのプラズマの大部分が接する電極の電位、即ち、この場合、アノード電極6の電位によって決まる。このアノード電極6の面積に比べてプラズマ吹出口7はプラズマとの接触面積が極めて小さいが、このプラズマ吹出口7にバイアスを印加してプラズマの電位とプラズマ吹出口との間の電位差を自由に制御することが可能になる。従って、通常はプラズマの電位とアノード電極6との電位差が小さくて、プラズマ吹出口7においてホロープラズマが発生し得ない低パワーの放電であっても、前記他の電極19にバイアスを印加してプラズマとプラズマ吹出口7との電位差を大きくすることができ、同プラズマ吹出口7のホロープラズマの発生を誘起することができる。

【0178】

なお、プラズマ吹出口7の電位を自在に設定し得る他の電極の配置例としては、他にも図26（b）に示すように、アノード電極6のプラズマ吹出口7の形成部分の下面にのみ、リング状の絶縁体18aとリング状の他の電極19aとを重ねて配することもできる。

【0179】

また、図26（c）に示すように、アノード電極6のプラズマ吹出口7の内壁面にリング状の絶縁体18bを介してリング状の他の電極19bを配してもよく、或いは、図26（d）に示すように、アノード電極6のプラズマ吹出口7の内壁面にリング状の絶縁体18bを介して円筒ノズル状の他の電極19cを配することもできる。

なお、かかる構造はアノード電極に複数の貫通孔を形成した場合や、カソード電極に形成された貫通孔などの各種貫通孔に同様に適用が可能である。

【0180】

以上説明した本発明の各種実施例及び変形例では、プラズマ発生電極には高周波電源Pにより高周波電力を投入しているが、直流電源により直流電圧を印加することもできる。或いは、それぞれ直流や交流の電源又はパルス電源によってバ

イアスを印加してもよい。

また、表面処理室4に配された基板Sとプラズマ吹出口7との間にメッシュ状の電極を設置してトライオード型に構成し、また様々なバイアスを印加することも可能である。

【0181】

更には、上述した実施例ではいずれも、表面処理装置のケーシング2の内部をアノード電極6により上下に2分割して上方をプラズマ発生室3、下方を基板処理室4としているが、本発明はかかる装置に限定されるものではない。

【0182】

図27～図32には本発明の他の実施例による表面処理装置の水平方向の断面図を示す。

図27に示す本発明の第11実施例である表面処理装置41は、ケーシング32が有底の円筒体からなり、その周壁内面を基板支持台9としている。この場合に、前記ケーシング32の内部には、小径円柱体からなるカソード電極35と、同カソード電極35よりも大径の円筒体かなるアノード電極36とを、中心軸線を一致させて配している。

【0183】

前記アノード電極36には所定の形状と配置を有する複数のプラズマ吹出口37が形成され、前記アノード電極36と前記ケーシング32との間の領域が本発明における基板処理室34を構成すると共に、前記カソード電極35と前記アノード電極36との間の領域が本発明におけるプラズマ発生室33を構成する。更に、前記カソード電極35の周壁面には複数の軸線方向に平行な凹部35aが所定の位相差をもって形成されている。なお、前記カソード電極35を空洞体とした場合には、前記凹部35aに変えて貫通孔を形成すると共に、その空洞内部にキャリアガス及び原料ガスを供給してもよい。

【0184】

或いは、図28に示す本発明の第12実施例による表面処理装置42のように、最大径の円筒体をカソード電極35とし、その内部に軸線を一致させて円筒体からなるアノード電極36を配し、更にその中心に最小径の円柱体39を配する

こともできる。この場合には中心の円柱体 3 9 の外周面が基板 W の支持台を構成する。前記カソード電極 3 5 の内周面には複数の軸線方向に平行な凹部 3 5 a が所定の位相差をもって形成されている。前記アノード電極 3 6 には所定の形状と配置を有するプラズマ吹出口 3 7 を形成する。なお、前記カソード電極 3 5 の更に外側にケーシングを配することもできる。

【 0 1 8 5 】

この図 2 7 及び図 2 8 に示す第 1 1 及び第 1 2 実施例にあっても、前記プラズマ吹出口 3 7 の開口幅を本発明の規定する上記範囲内とすることにより、同吹出口 3 7 においてホローアノード放電が発生する。また、前記凹部 3 5 a においても、その開口幅を本発明の範囲内とすることにより、同凹部 3 5 a においてホローカソード放電が発生する。

【 0 1 8 6 】

更に、前記アノード電極 3 5 やカソード電極 3 6 を空洞体により形成し、互いの電極との対向面に貫通孔を形成してその貫通孔でホロー放電が発生させ、更には、空洞内部の少なくとも一部でホロー放電が発生させることもできる。その場合には、表面処理に寄与するプラズマがより高密度となり、表面処理の速度が向上する。

【 0 1 8 7 】

かかるカソード電極 3 5 及びアノード電極 3 6 が円筒体からなる装置は、感光ドラムのような円筒形状の基板に表面処理を施す際に有用である。或いは、円筒の一部の曲面を利用することにより、帯状フィルム部材からなる基板にロール・ツー・ロールで連続的に成膜やエッチングなどの表面処理を施す場合に、装置スペースの低減が可能となるため、好ましい。

【 0 1 8 8 】

また、各プラズマ発生電極を上述した図 2 7 及び図 2 8 に示すような断面形態をもつ球形状とすることもでき、或いは、図 2 9 及び図 3 0 に示す本発明の第 1 3 及び第 1 4 実施例による表面処理装置 4 3, 4 4 のように、各プラズマ発生電極 3 5, 3 6 を断面が半円形状の筒体や半球体など曲面の一部となる形状とすることもできる。このようにプラズマ発生電極を球形状や半球形状とし、或いは一

部を曲面とすることにより、球面半導体のような特殊な形状の基板にも均一な表面処理を施すことが可能になる。

【0189】

更には、図31及び図32に示す本発明の第15及び第16実施例による表面処理装置45、46のように、プラズマ発生電極35、36を断面が正方形の筒体とすることもできる。或いは断面が多角形状の筒体や多面体形状とすることもできる。このようにプラズマ発生電極35、36を角形状とすることにより、装置スペースの低減が可能となる。また、それら多様な形状のプラズマ発生電極35、36を空洞体から構成し、互いの電極との対向面に貫通孔を形成してその貫通孔でホロー放電を発生させ、更には、空洞内部の少なくとも一部でホロー放電を発生させて、プラズマの高密度化を図ることも可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の第1実施例である表面処理装置の概略図である。

【図2】

上記装置の変形例によるガス供給口の配置例を示す概略図である。

【図3】

本発明の第2実施例である表面処理装置の概略図である。

【図4】

カソード電極に対する磁石の他の配置態様を示す概略図である。

【図5】

本発明の第3実施例である表面処理装置の概略図である。

【図6】

本発明の第4実施例である表面処理装置の概略図である。

【図7】

空洞状のカソード電極に対する磁石の他の配置態様を示す概略図である。

【図8】

空洞状のカソード電極に対する磁石の更に他の配置態様を示す概略図である。

【図9】

上記第 3 及び第 4 実施例の装置の変形例によるカソード電極の概略図である。

【図 1 0】

上記変形例でのガス供給口の配置例を示す概略図である。

【図 1 1】

本発明の第 5 実施例である表面処理装置の概略図である。

【図 1 2】

本発明の第 6 実施例である表面処理装置の概略図である。

【図 1 3】

空洞状のカソード電極の他の態様を示す概略図である。

【図 1 4】

本発明の第 7 実施例である表面処理装置の概略図である。

【図 1 5】

本発明の第 8 実施例である表面処理装置の概略図である。

【図 1 6】

本発明の他の実施例による表面処理装置におけるカソード電極部分の概略図である。

【図 1 7】

本発明の更に他の実施例による表面処理装置におけるカソード電極部分の概略図である。

【図 1 8】

本発明の第 9 実施例である表面処理装置の概略図である。

【図 1 9】

上記第 9 実施例におけるアノード電極の変形例を示す概略図である。

【図 2 0】

上記第 9 実施例におけるアノード電極の他の変形例を示す概略図である。

【図 2 1】

上記第 9 実施例の第 1 変形例である表面処理装置の概略図である。

【図 2 2】

上記第 9 実施例の第 2 変形例である表面処理装置の概略図である。

【図 2 3】

上記第 9 実施例の第 3 変形例である表面処理装置の概略図である。

【図 2 4】

本発明の第 1 0 実施例である表面処理装置の概略図である。

【図 2 5】

上記第 1 0 実施例におけるアノード電極の変形例を示す概略図である。

【図 2 6】

本発明の各種貫通孔における好適な変形態様を示す概略図である。

【図 2 7】

本発明の第 1 1 実施例による表面処理装置の水平方向の概略断面図である。

【図 2 8】

本発明の第 1 2 実施例による表面処理装置の水平方向の概略断面図である。

【図 2 9】

本発明の第 1 3 実施例による表面処理装置の水平方向の概略断面図である。

【図 3 0】

本発明の第 1 4 実施例による表面処理装置の水平方向の概略断面図である。

【図 3 1】

本発明の第 1 5 実施例による表面処理装置の水平方向の概略断面図である。

【図 3 2】

本発明の第 1 6 実施例による表面処理装置の水平方向の概略断面図である。

【図 3 3】

多数の貫通孔又は凹部の配置例を示す図である。

【図 3 4】

多数の貫通孔又は凹部の他の配置例を示す図である。

【図 3 5】

多数の貫通孔又は凹部の更に他の配置例を示す図である。

【図 3 6】

多数の貫通孔又は凹部の更に他の配置例を示す図である。

【図 3 7】

渦巻き状の貫通孔又は凹部の説明図である。

【符号の説明】

1, 20~30, 40~46	表面処理装置
2	ケーシング
2 a	上壁
2 b	周壁
3	プラズマ発生室
4	基板処理室
5	カソード電極
5 a	凹部
6	アノード電極
7	プラズマ吹出口
8	ガス供給口
9	基板支持台
1 0	磁石
1 1	カソード電極
1 1 a	下壁部
1 1 b	貫通孔
1 1 c	上壁部
1 1 d	ガス供給口
1 1 e	隔壁
1 2	ノズル体
1 3	他の電極
1 3 a	小孔
1 4	アノード電極
1 4 a	空洞体
1 4 b	上壁部
1 4 c	下壁部
1 4 d	貫通孔

15	カソード電極
15a	下壁部
15b	貫通孔
15c	上壁部
15d	貫通孔
15e	仕切り壁
16	カソード電極
16a	中空電極部材
16b	連結口
17	アノード電極
17a	上壁部
17b	貫通孔
17c	下壁部
17d	排気口
18	プレート状の絶縁体
18a	リング状の絶縁体
18b	リング状の絶縁体
19	プレート状の他の電極
19a	リング状の他の電極
19b	リング状の他の電極
19c	円筒ノズル状の他の電極
32	ケーシング
33	プラズマ発生室
34	基板処理室
35	カソード電極
35a	凹部
36	アノード電極
37	プラズマ吹出口
39	基板支持台

S

基板

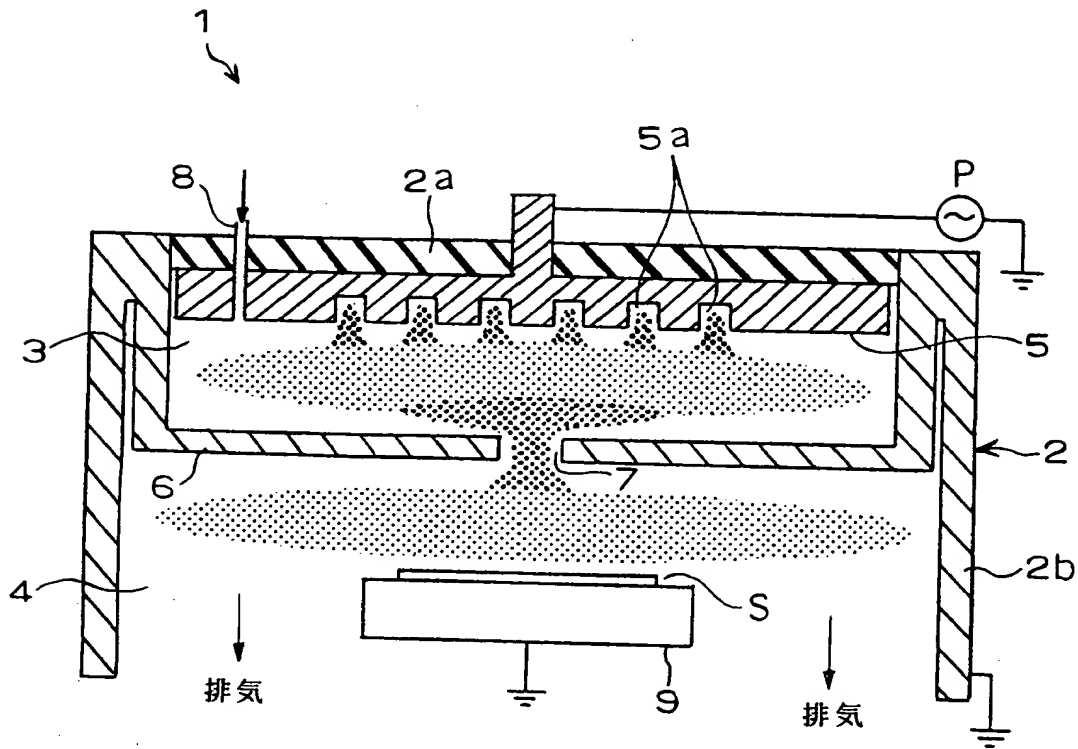
P

高周波電源

【書類名】 図面

【図1】

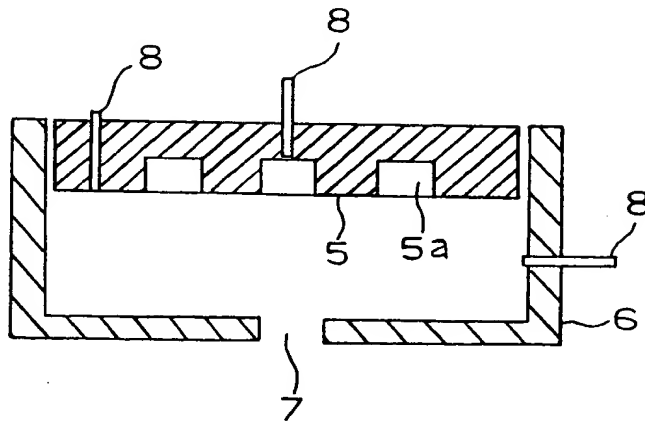
本発明の第1実施例である表面処理装置の概略図



- | | | | |
|-----|---------|---|---------|
| 1 | 表面処理装置 | 6 | アノード電極 |
| 2 | ケーシング | 7 | プラズマ吹出口 |
| 2 a | 上壁 | 8 | ガス供給口 |
| 2 b | 周壁 | 9 | 基板支持台 |
| 3 | プラズマ発生室 | S | 基板 |
| 4 | 基板処理室 | P | 高周波電源 |
| 5 | カソード電極 | | |
| 5 a | 凹部 | | |

【図 2】

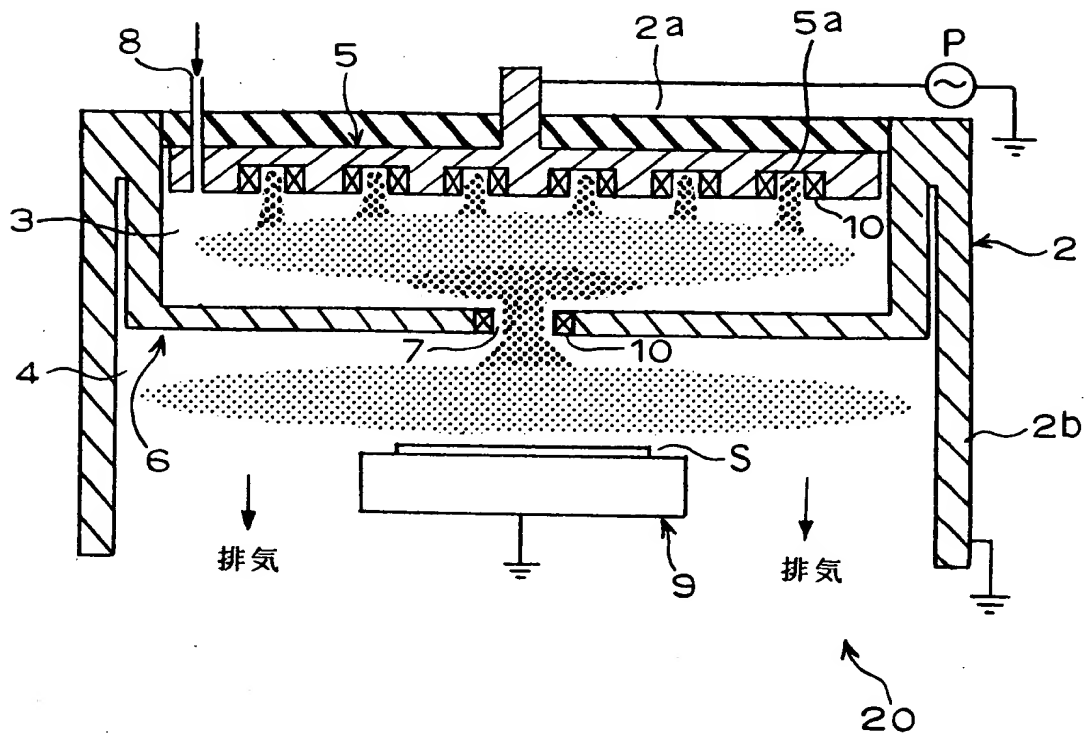
本発明の第 1 実施例である表面処理装置の変形例による
ガス供給口の配置例を示す概略図



- 5 カソード電極
- 5 a 凹部
- 6 アノード電極
- 7 プラズマ吹出口
- 8 ガス供給口

【図 3】

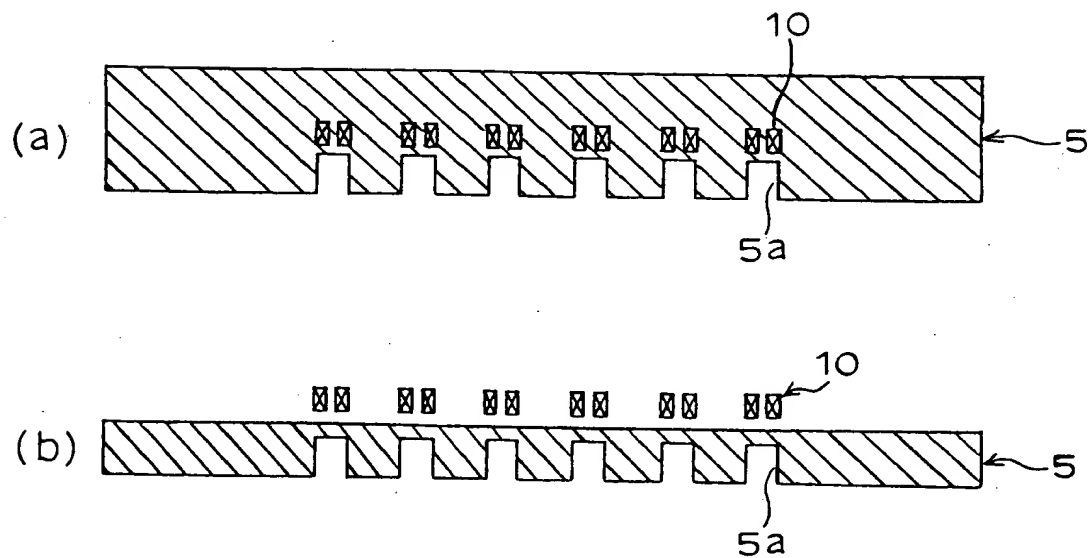
第 2 実施例である表面処理装置の概略図



- | | | | |
|----|---------|----|---------|
| 20 | 表面処理装置 | 6 | アノード電極 |
| 2 | ケーシング | 7 | プラズマ吹出口 |
| 2a | 上壁 | 8 | ガス供給口 |
| 2b | 周壁 | 9 | 基板支持台 |
| 3 | プラズマ発生室 | 10 | 磁石 |
| 4 | 基板処理室 | S | 基板 |
| 5 | カソード電極 | P | 高周波電源 |
| 5a | 凹部 | | |

【図 4】

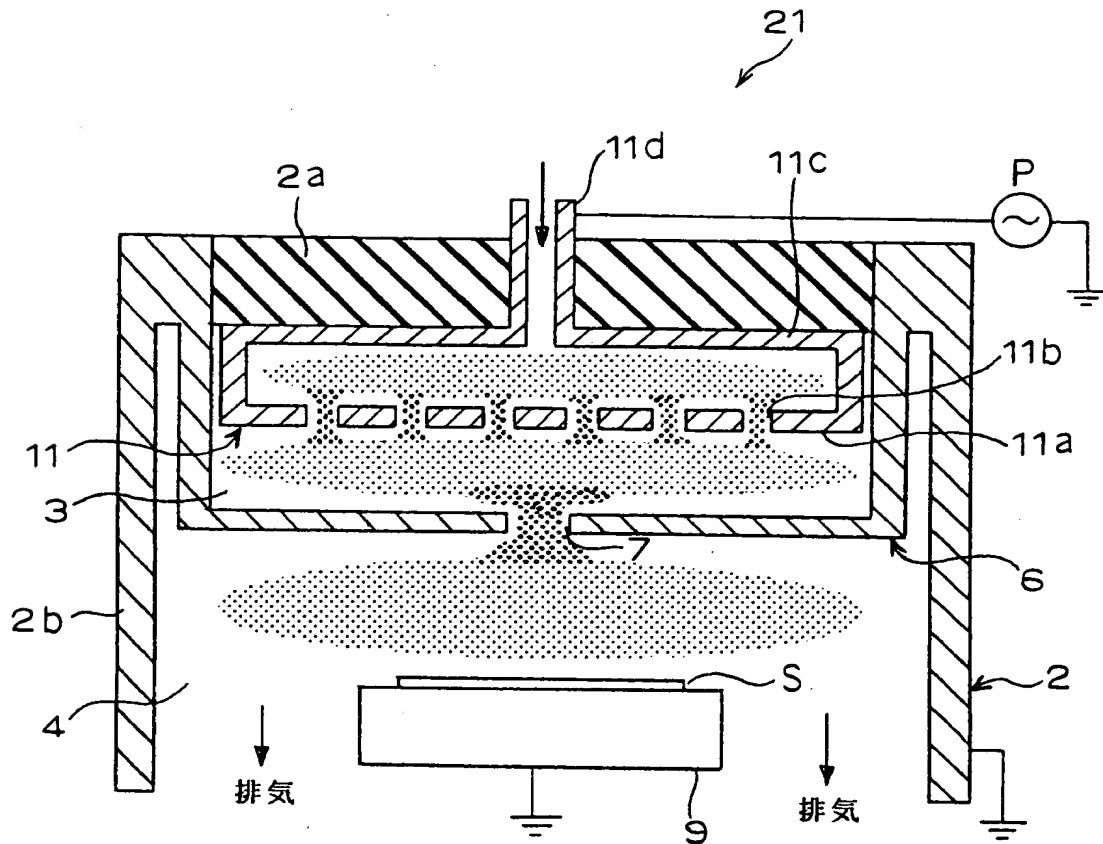
カソード電極に対する磁石の他の配置態様を示す概略図



5 カソード電極
5 a 凹部
10 磁石

【図 5】

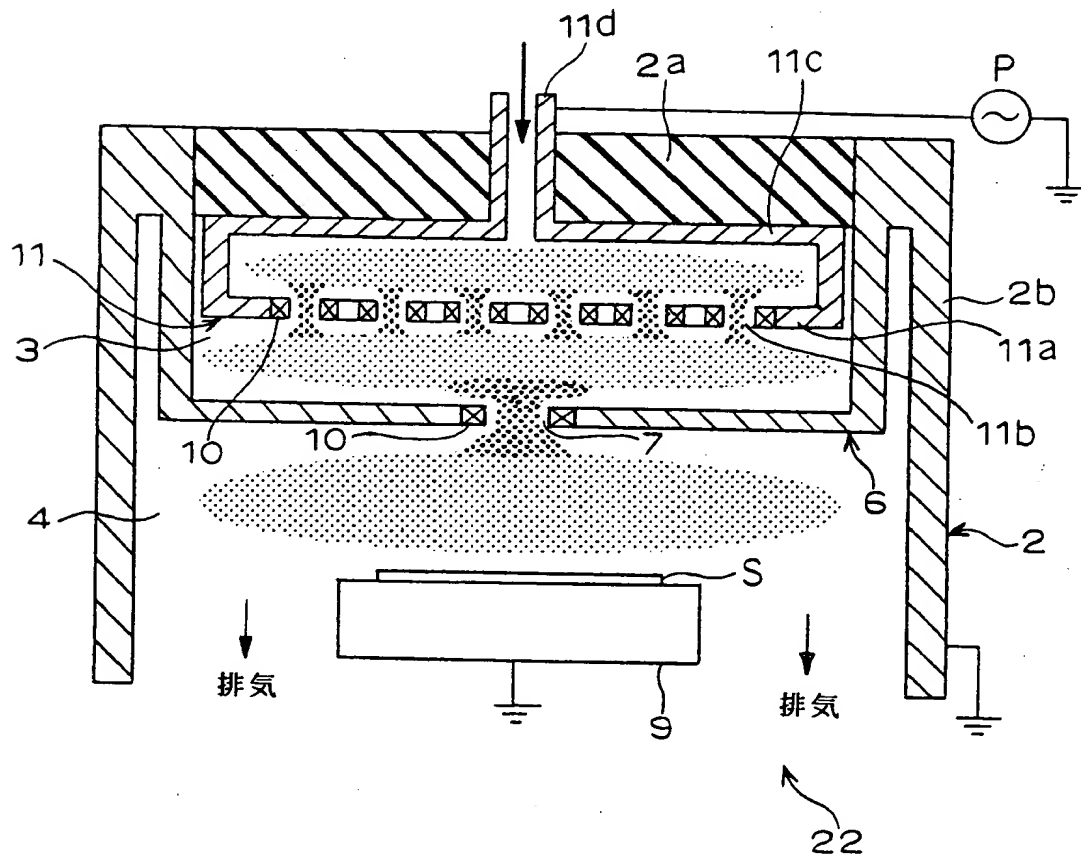
第 3 実施例である表面処理装置の概略図



- | | | | |
|-----|---------|-------|--------|
| 2 1 | 表面処理装置 | 1 1 | カソード電極 |
| 2 | ケーシング | 1 1 a | 下壁部 |
| 2 a | 上壁 | 1 1 b | 貫通孔 |
| 2 b | 周壁 | 1 1 c | 上壁部 |
| 3 | プラズマ発生室 | 1 1 d | ガス供給口 |
| 4 | 基板処理室 | S | 基板 |
| 6 | アノード電極 | P | 高周波電源 |
| 7 | プラズマ吹出口 | | |

【図 6】

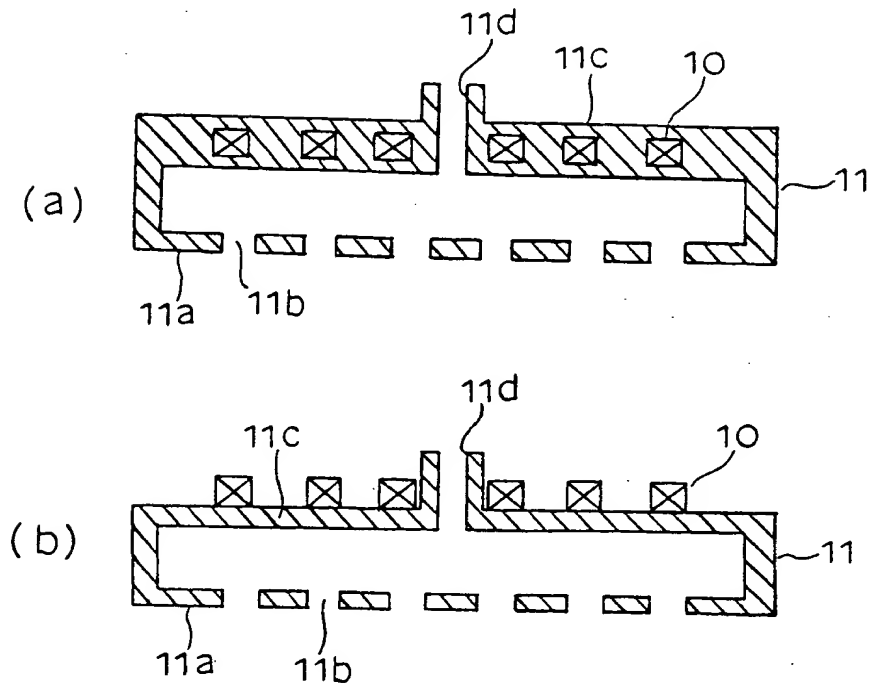
第 4 実施例である表面処理装置の概略図



2 2	表面処理装置	1 0	磁石
2	ケーシング	1 1	カソード電極
2 a	上壁	1 1 a	下壁部
2 b	周壁	1 1 b	貫通孔
3	プラズマ発生室	1 1 c	上壁部
4	基板処理室	1 1 d	ガス供給口
6	アノード電極	S	基板
7	プラズマ吹出口	P	高周波電源

【図 7】

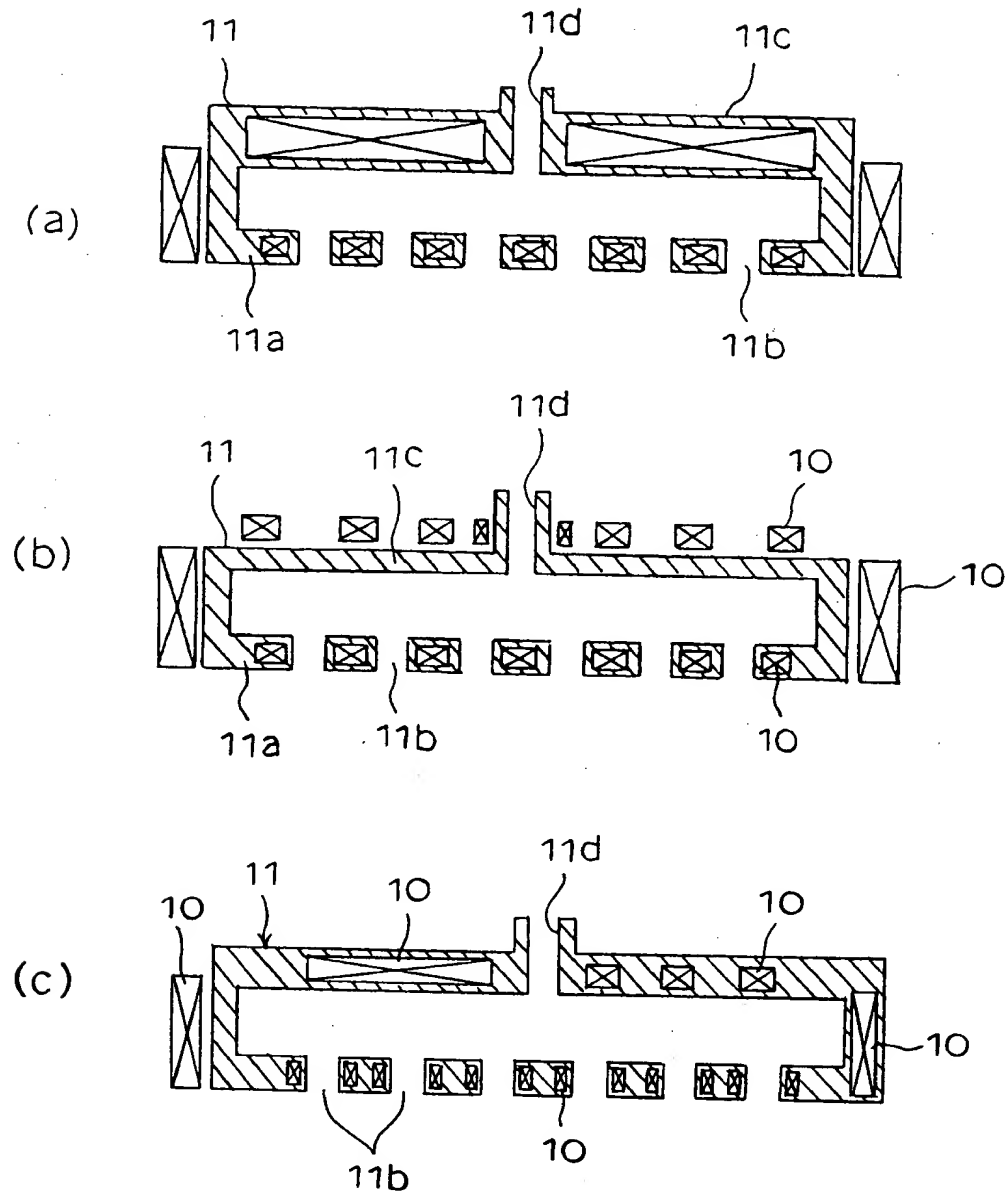
空洞状のカソード電極に対する磁石の他の配置態様を示す概略図



- 10 磁石
- 11 カソード電極
- 11a 下壁部
- 11b 貫通孔
- 11c 上壁部
- 11d ガス供給口

【図 8】

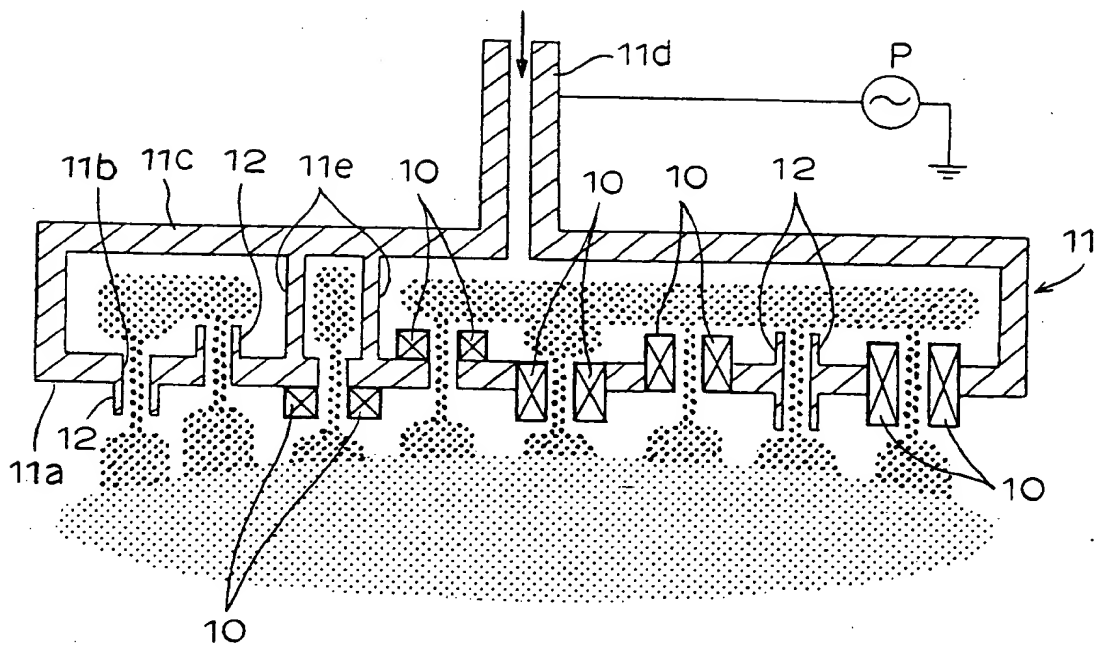
空洞状のカソード電極に対する磁石の更に他の配置態様を示す概略図



- 10 磁石
- 11 カソード電極
- 11a 下壁部
- 11b 貫通孔
- 11c 上壁部
- 11d ガス供給口

【図 9】

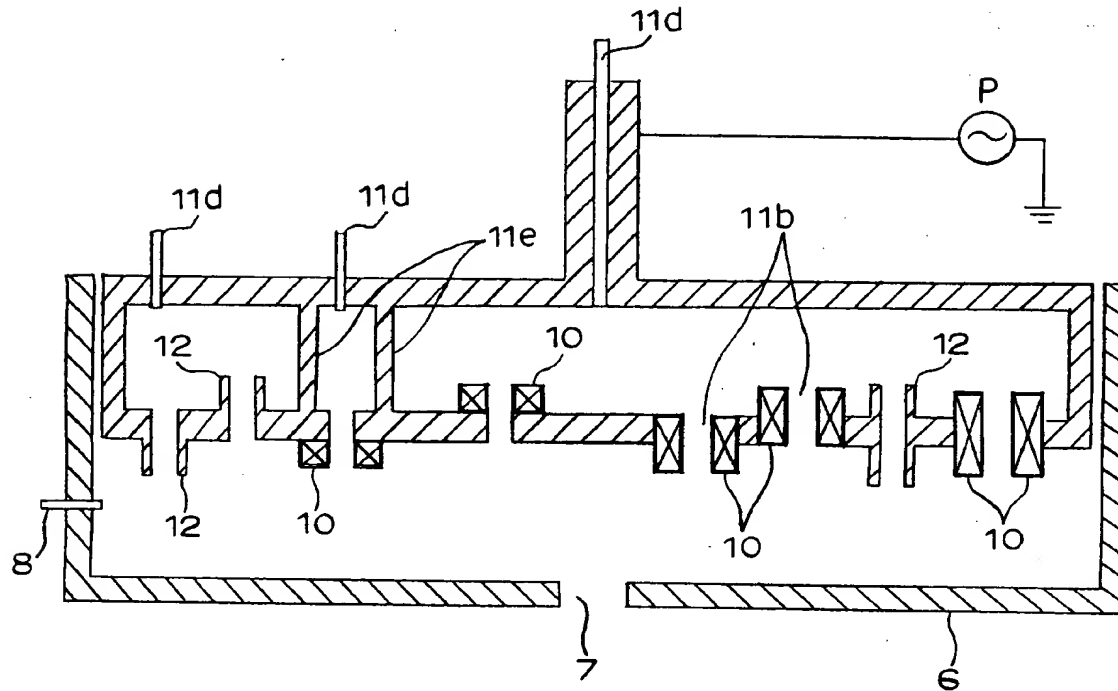
第 3 及び第 4 実施例の装置の変形例によるカソード電極の概略図



- 10 磁石
- 11 カソード電極
- 11a 下壁部
- 11b 貫通孔
- 11c 上壁部
- 11d ガス供給口
- 11e 隔壁
- 12 ノズル体
- P 高周波電源

【図 10】

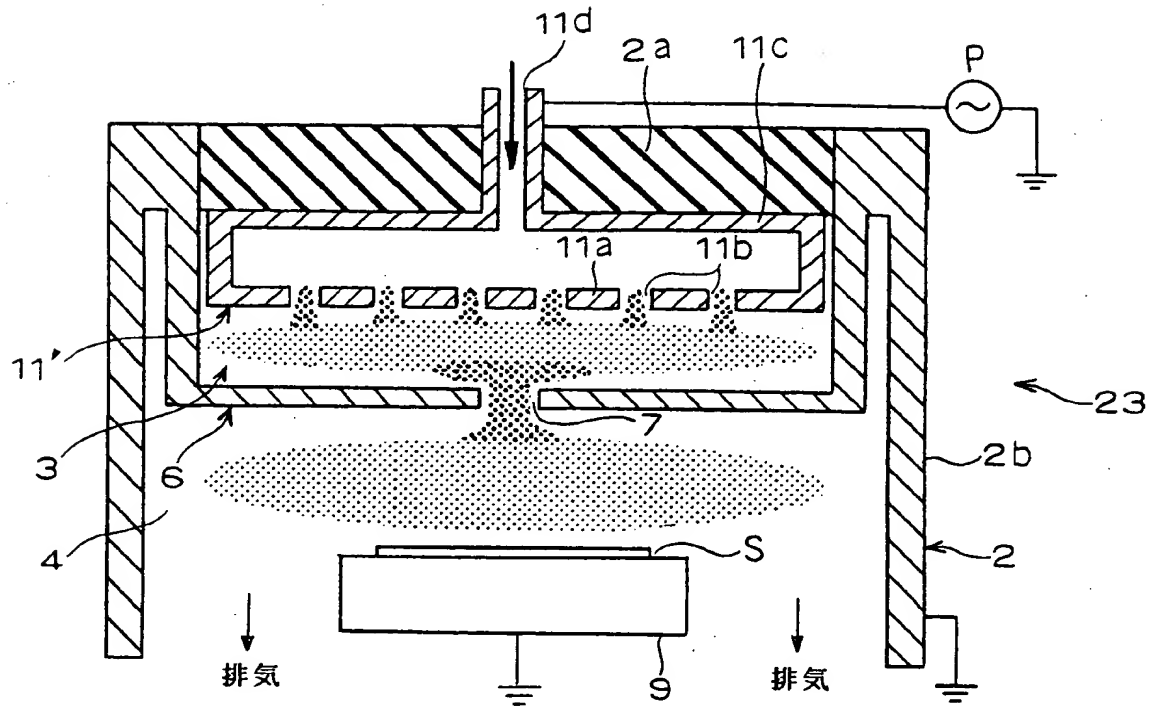
第3及び第4実施例の装置の変形例でのガス供給口の配置例を示す概略図



- | | |
|-----|---------|
| 6 | アノード電極 |
| 7 | プラズマ吹出口 |
| 8 | ガス供給口 |
| 10 | 磁石 |
| 11b | 貫通孔 |
| 11d | ガス供給口 |
| 11e | 隔壁 |
| 12 | ノズル体 |
| P | 高周波電源 |

【図 11】

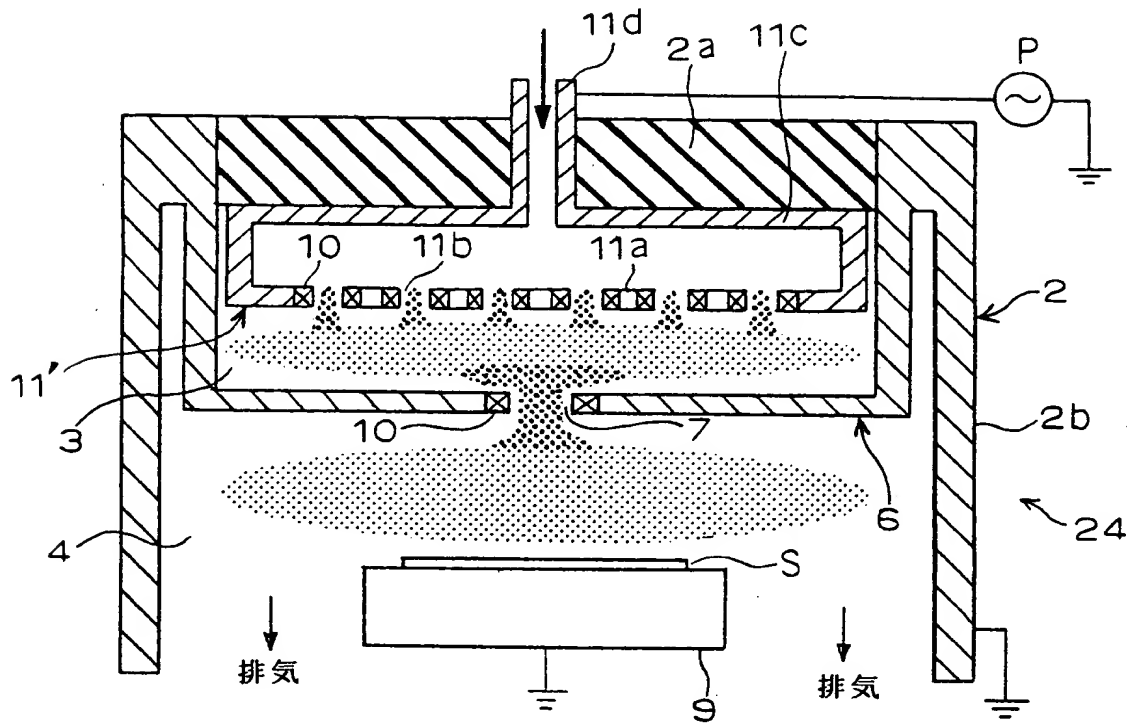
第 5 実施例である表面処理装置の概略図



- | | | | |
|-----|---------|-------|--------|
| 2 3 | 表面処理装置 | 1 1' | カソード電極 |
| 2 | ケーシング | 1 1 a | 下壁部 |
| 2 a | 上壁 | 1 1 b | 貫通孔 |
| 2 b | 周壁 | 1 1 c | 上壁部 |
| 3 | プラズマ発生室 | 1 1 d | ガス供給口 |
| 4 | 基板処理室 | S | 基板 |
| 6 | アノード電極 | P | 高周波電源 |
| 7 | プラズマ吹出口 | | |
| 9 | 基板支持台 | | |

【図 12】

第 6 実施例である表面処理装置の概略図

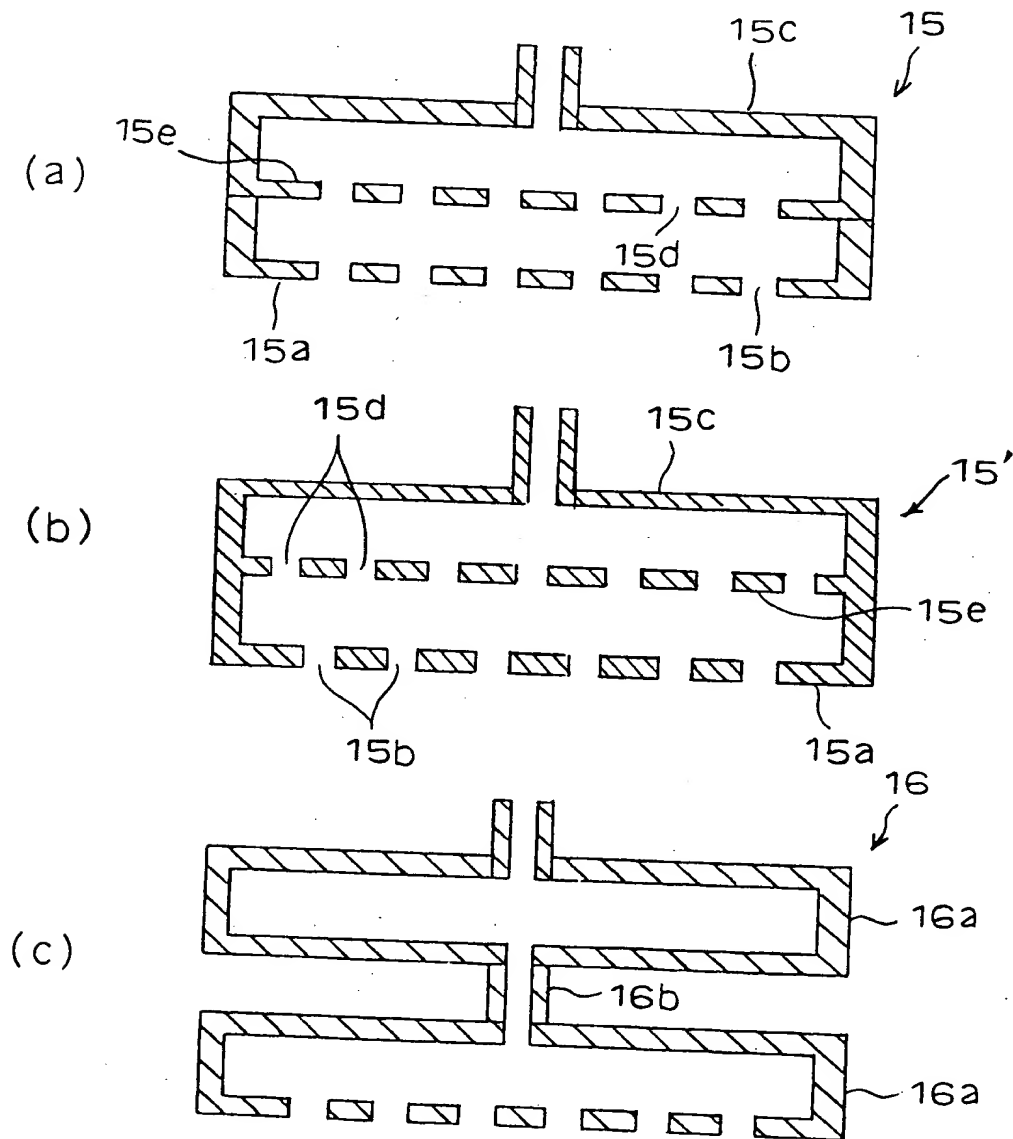


2 4 表面処理装置
 2 ケーシング
 2 a 上壁
 2 b 周壁
 3 プラズマ発生室
 4 基板処理室
 6 アノード電極
 7 プラズマ吹出口
 9 基板支持台

10 磁石
 11' カソード電極
 11 a 下壁部
 11 b 貫通孔
 11 c 上壁部
 11 d ガス供給口
 S 基板
 P 高周波電源

【図 13】

空洞状のカソード電極の他の態様を示す概略図

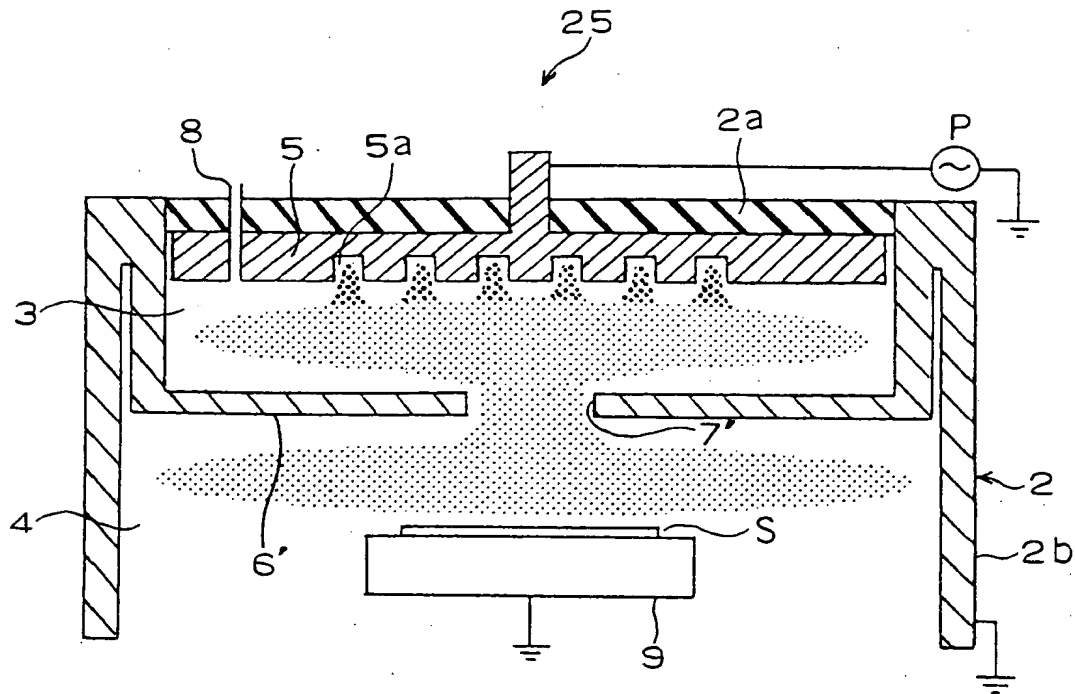


15 カソード電極
15a 下壁部
15b 貫通孔
15c 上壁部
15d 貫通孔
15e 仕切り壁

16 カソード電極
16a 中空電極部材
16b 連結口

【図 14】

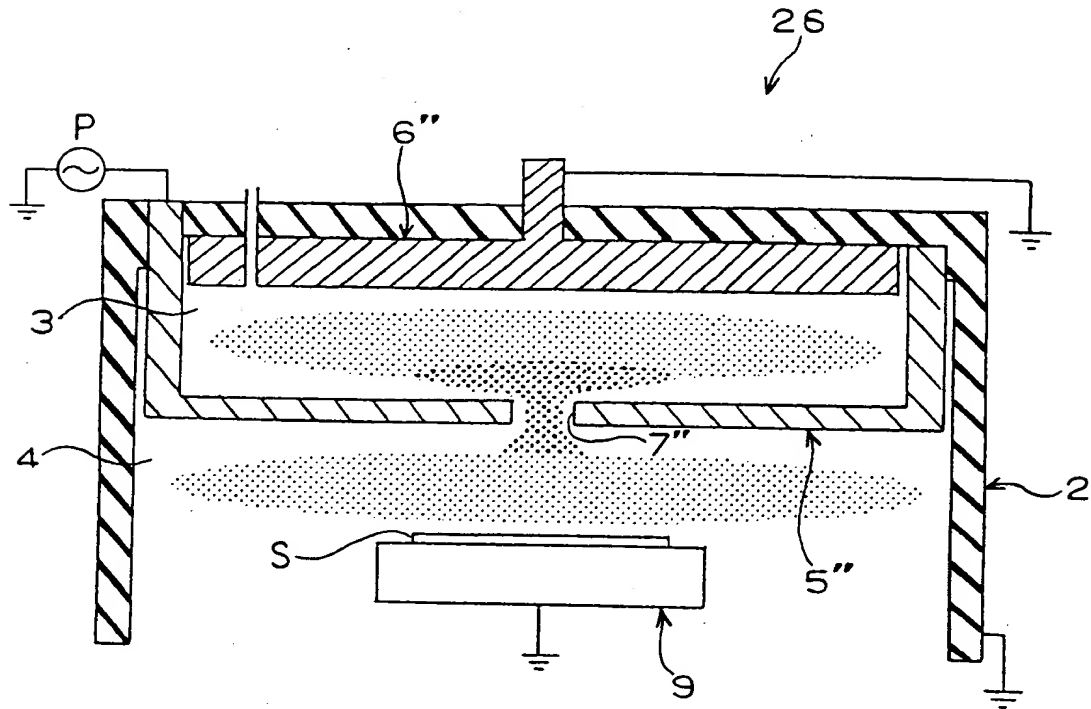
第 7 実施例である表面処理装置の概略図



- | | | | |
|----|---------|----|---------|
| 25 | 表面処理装置 | 5 | カソード電極 |
| 2 | ケーシング | 5a | 凹部 |
| 2a | 上壁 | 6' | アノード電極 |
| 2b | 周壁 | 7' | プラズマ吹出口 |
| 3 | プラズマ発生室 | 8 | ガス供給口 |
| 4 | 基板処理室 | 9 | 基板支持台 |
| | | S | 基板 |
| | | P | 高周波電源 |

【図 15】

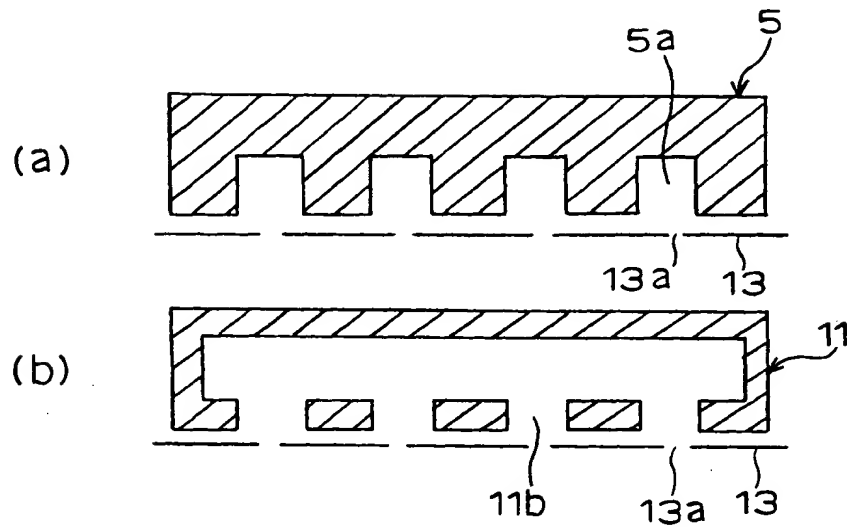
第 8 実施例である表面処理装置の概略図



- | | |
|-----|---------|
| 26 | 表面処理装置 |
| 2 | ケーシング |
| 3 | プラズマ発生室 |
| 4 | 基板処理室 |
| 5'' | カソード電極 |
| 6'' | アノード電極 |
| 9 | 基板支持台 |
| S | 基板 |
| P | 高周波電源 |

【図 1 6】

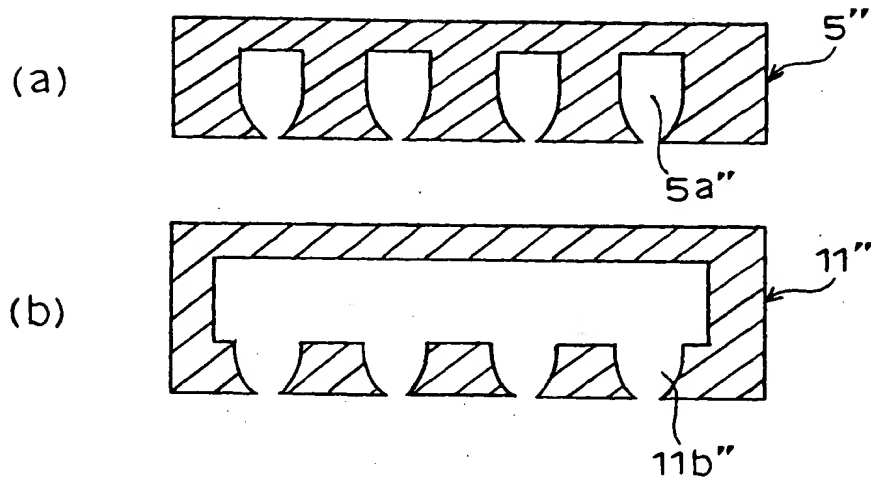
他の実施例による表面処理装置におけるカソード電極部分の概略図



- | | |
|-------|--------|
| 5 | カソード電極 |
| 5 a | 凹部 |
| 1 1 | カソード電極 |
| 1 1 b | 貫通孔 |
| 1 3 | 他の電極 |
| 1 3 a | 小孔 |

【図 1 7】

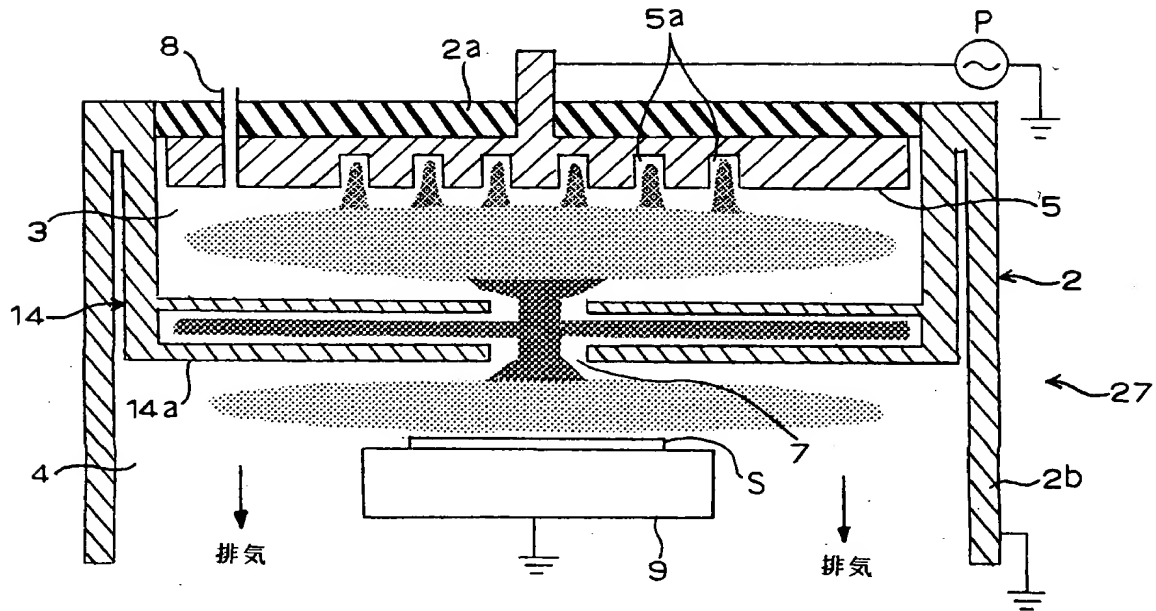
更に他の実施例による表面処理装置における
カソード電極部分の概略図



- 5'' カソード電極
- 5 a'' 凹部
- 1 1'' カソード電極
- 1 1 b'' 貫通孔

【図 18】

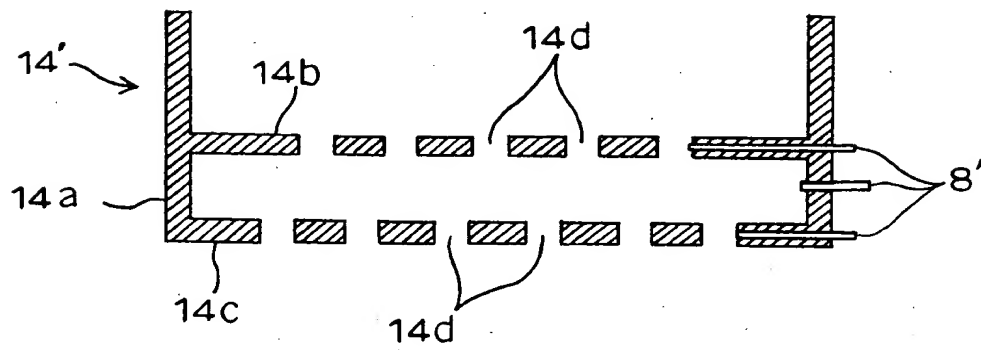
第9実施例である表面処理装置の概略図



- | | | | |
|-----|---------|------|--------|
| 2 | ケーシング | 8 | ガス供給口 |
| 2 a | 上壁 | 9 | 基板支持台 |
| 2 b | 周壁 | 14 | アノード電極 |
| 3 | プラズマ発生室 | 14 a | 空洞体 |
| 4 | 基板処理室 | 27 | 表面処理装置 |
| 5 | カソード電極 | S | 基板 |
| 5 a | 凹部 | P | 高周波電源 |
| 7 | プラズマ吹出口 | | |

【図 19】

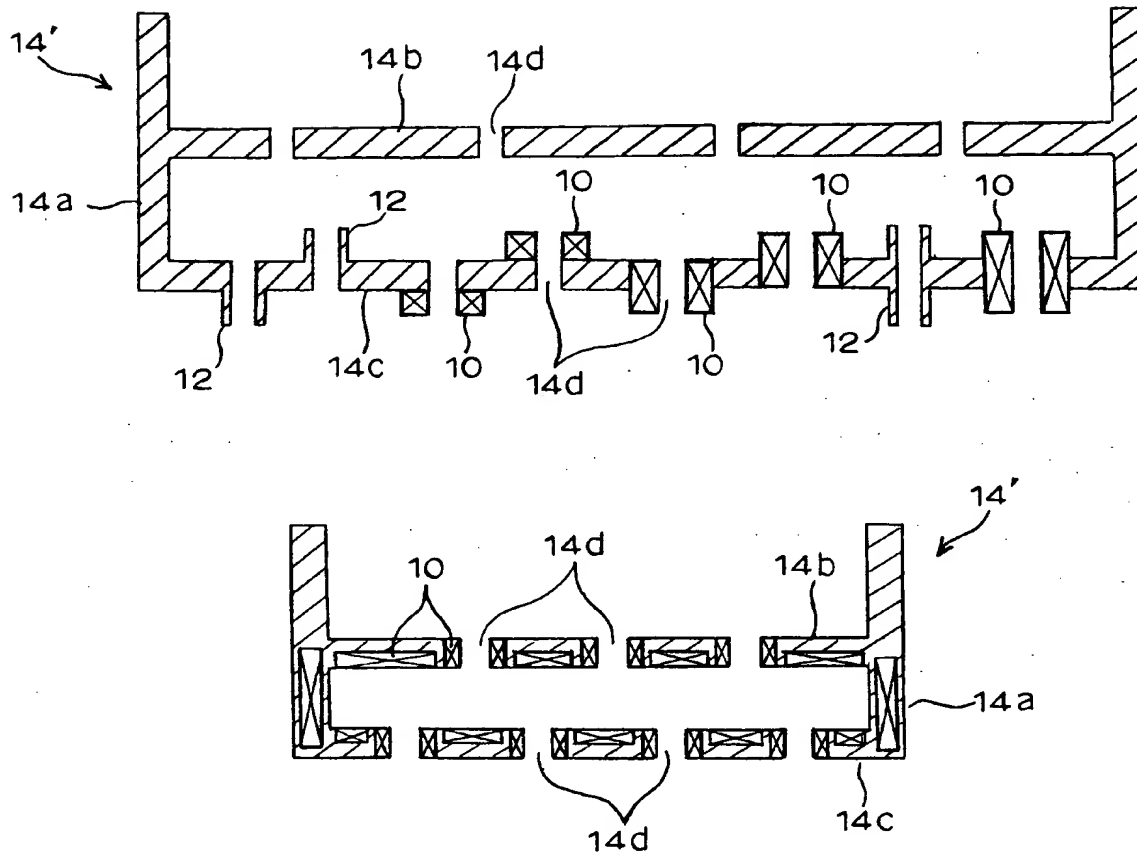
第 9 実施例におけるアノード電極の変形例を示す概略図



- | | |
|-----|--------|
| 8 | ガス供給口 |
| 14 | アノード電極 |
| 14a | 空洞体 |
| 14b | 上壁部 |
| 14c | 下壁部 |
| 14d | 貫通孔 |

【図 20】

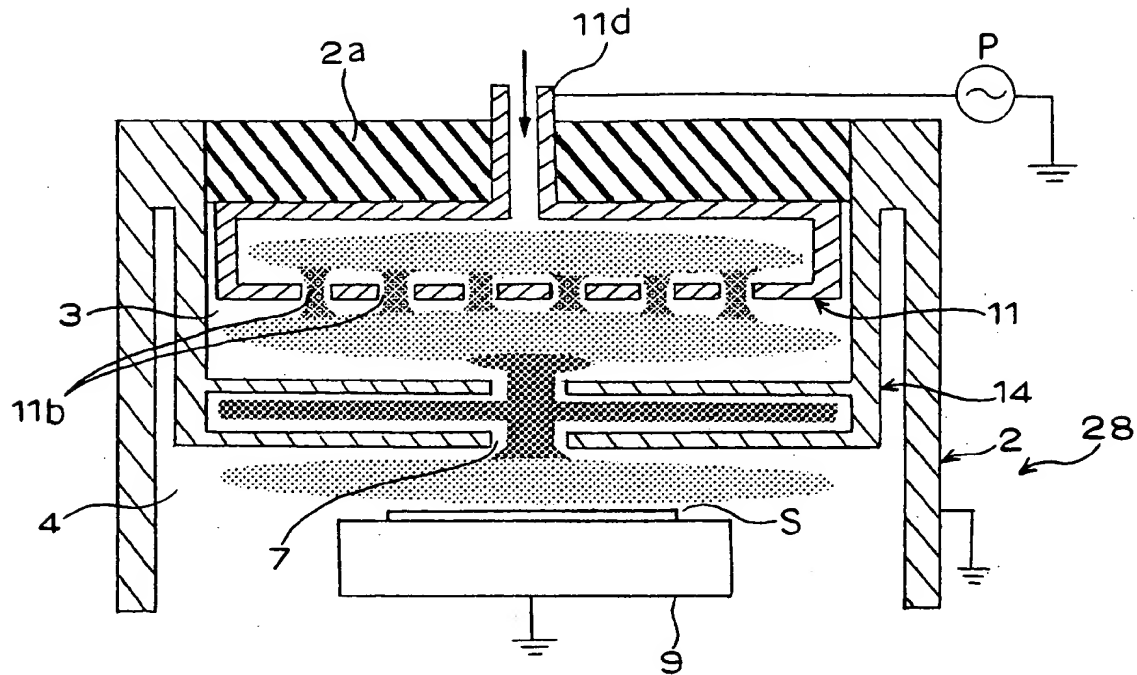
第 9 実施例におけるアノード電極の他の変形例を示す概略図



- | | |
|-----|--------|
| 10 | 磁石 |
| 12 | ノズル体 |
| 14 | アノード電極 |
| 14a | 空洞体 |
| 14b | 上壁部 |
| 14c | 下壁部 |
| 14d | 貫通孔 |

【図 21】

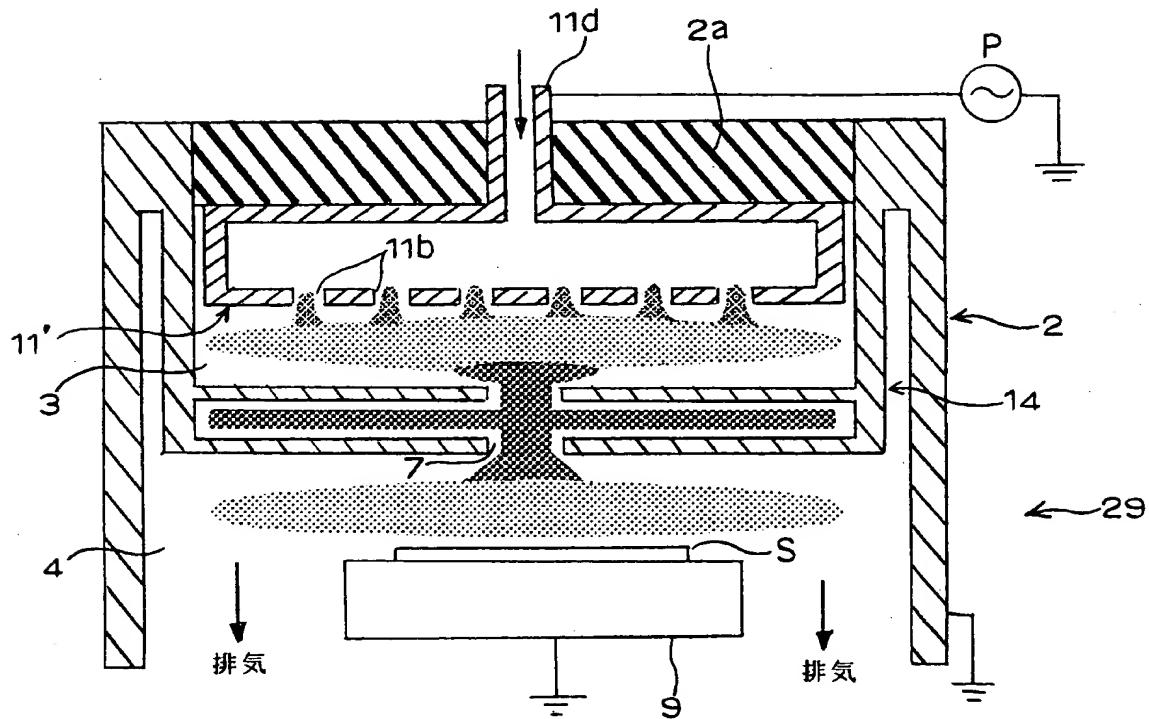
第9実施例の第1変形例である表面処理装置の概略図



2	ケーシング	11	カソード電極
2a	上壁	11b	貫通孔
3	プラズマ発生室	11d	ガス供給口
4	基板処理室	14	アノード電極
7	プラズマ吹出口	28	表面処理装置
9	基板支持台	S	基板
		P	高周波電源

【図 22】

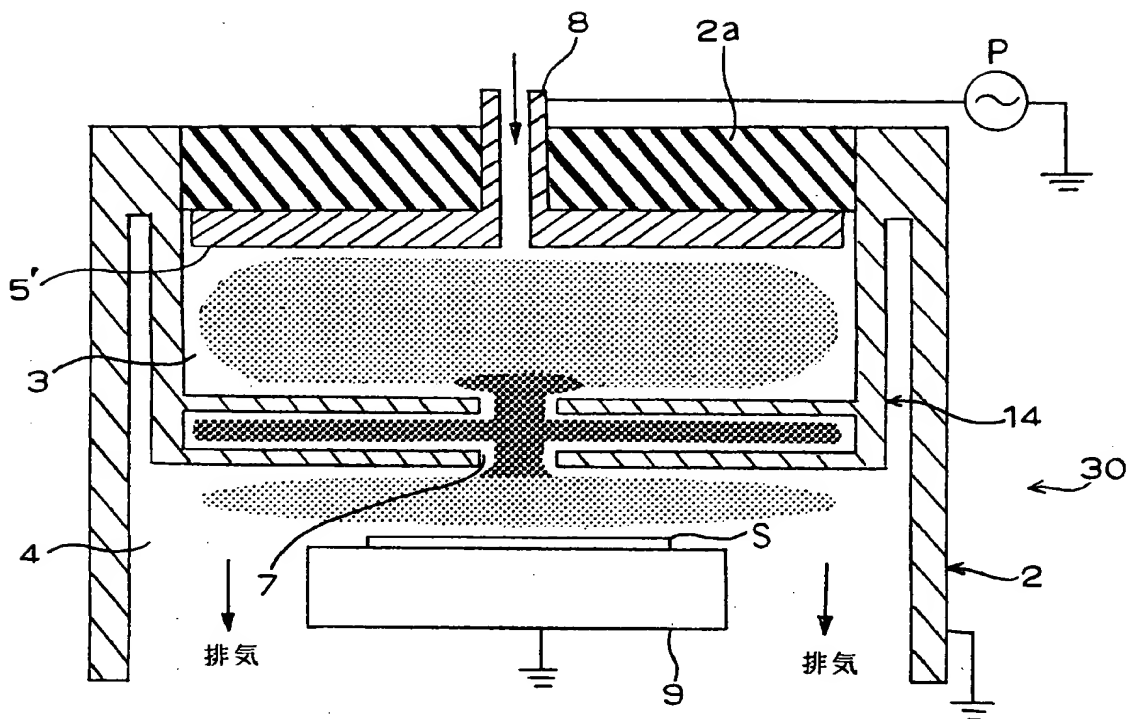
第 9 実施例の第 2 変形例である表面処理装置の概略図



- | | |
|------|---------|
| 2 | ケーシング |
| 2 a | 上壁 |
| 3 | プラズマ発生室 |
| 4 | 基板処理室 |
| 9 | 基板支持台 |
| 11 | カソード電極 |
| 11 b | 貫通孔 |
| 11 d | ガス供給口 |
| 14 | アノード電極 |
| 29 | 表面処理装置 |
| S | 基板 |
| P | 高周波電源 |

【図 2 3】

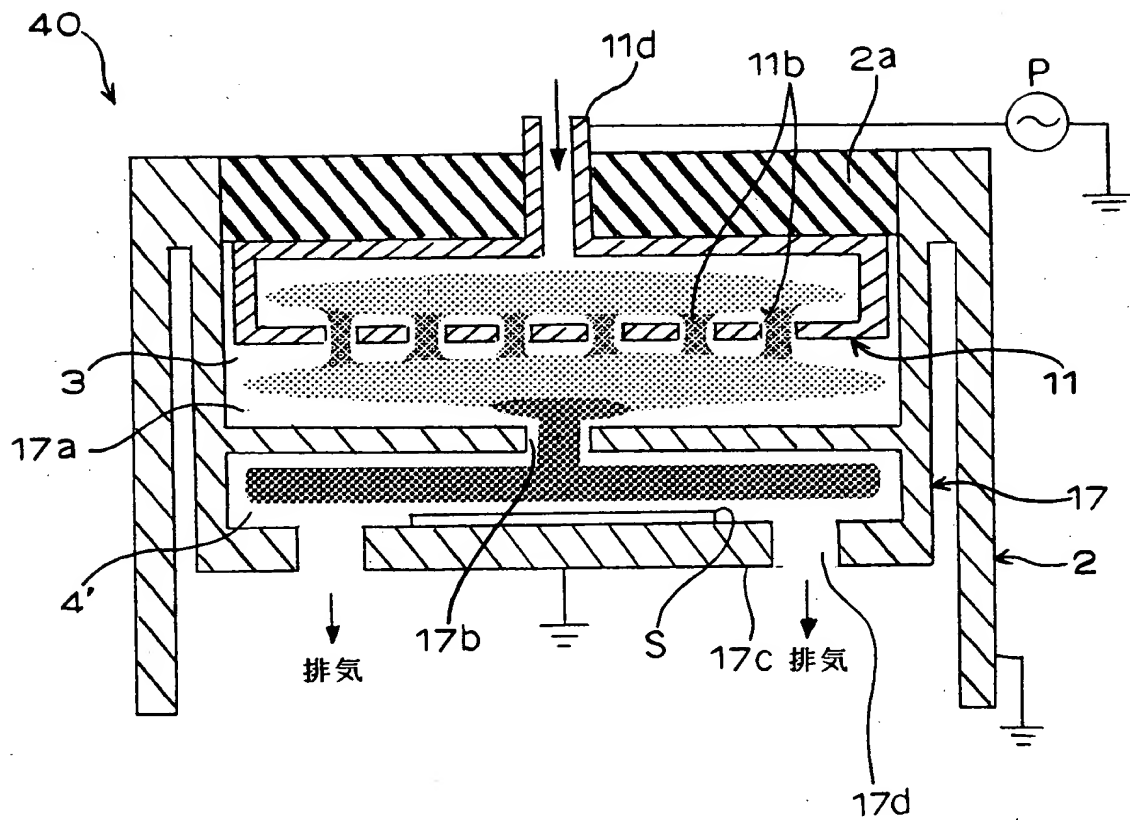
第 9 実施例の第 3 変形例である表面処理装置の概略図



- | | |
|-----|---------|
| 2 | ケーシング |
| 2 a | 上壁 |
| 3 | プラズマ発生室 |
| 4 | 基板処理室 |
| 5 | カソード電極 |
| 7 | プラズマ吹出口 |
| 8 | ガス供給口 |
| 9 | 基板支持台 |
| 1 4 | アノード電極 |
| 3 0 | 表面処理装置 |
| S | 基板 |
| P | 高周波電源 |

【図 24】

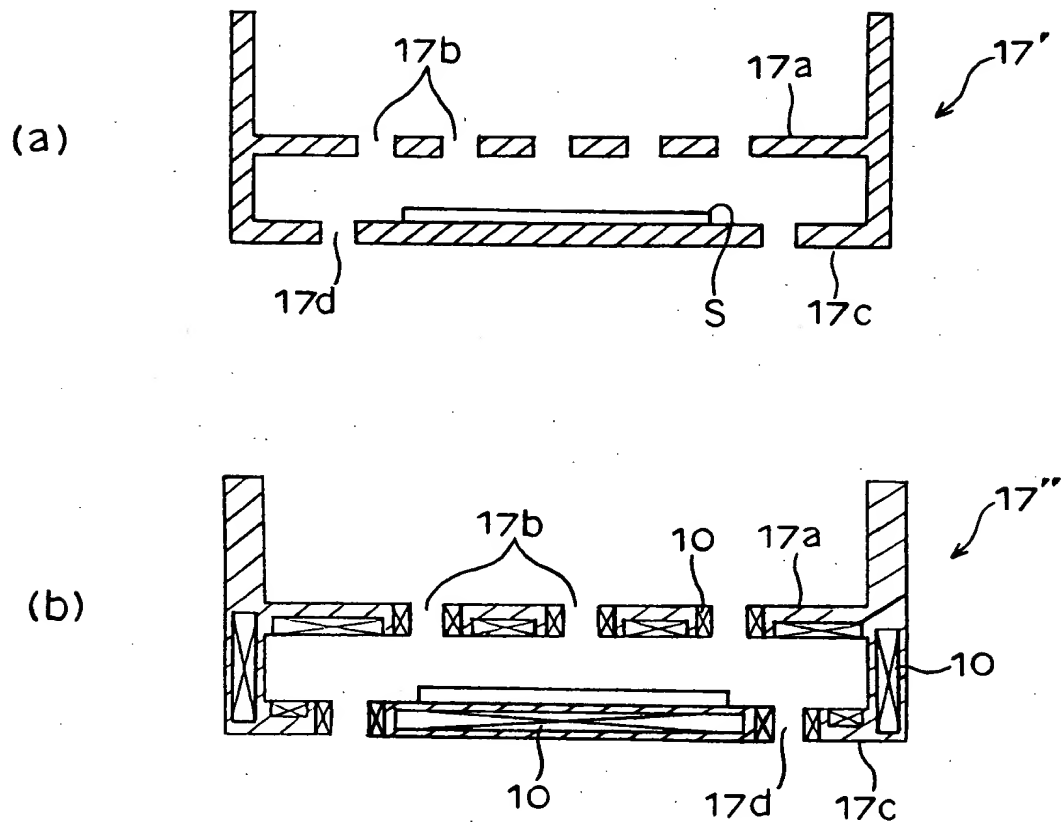
第 10 実施例である表面処理装置の概略図



- | | | | |
|-----|---------|-----|--------|
| 2 | ケーシング | 17 | アノード電極 |
| 2a | 上壁 | 17a | 上壁部 |
| 3 | プラズマ発生室 | 17b | 貫通孔 |
| 4 | 基板処理室 | 17c | 下壁部 |
| 11 | カソード電極 | 17d | 排気口 |
| 11b | 貫通孔 | 40 | 表面処理装置 |
| 11d | ガス供給口 | S | 基板 |
| | | P | 高周波電源 |

【図 25】

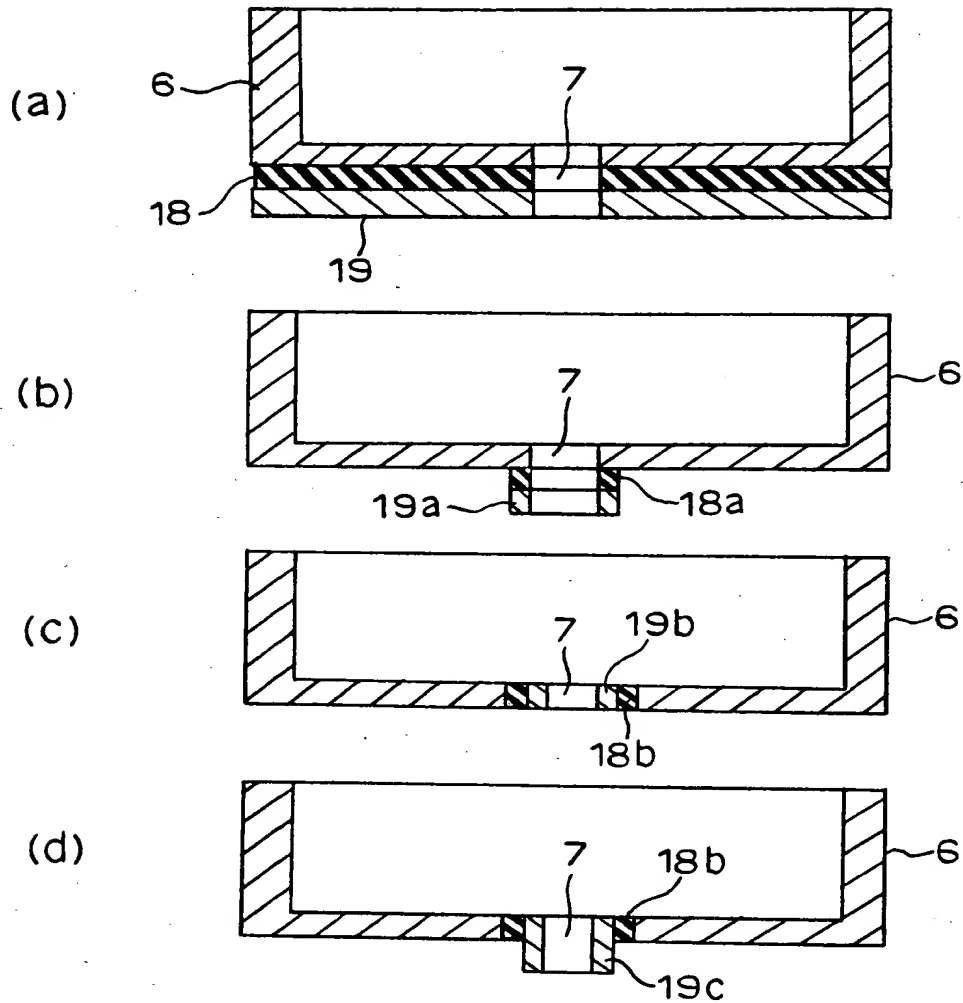
第 10 実施例におけるアノード電極の変形例を示す概略図



- 10 磁石
- 17' アノード電極
- 17'' アノード電極
- 17a 上壁部
- 17b 貫通孔
- 17c 下壁部
- 17d 排気口
- S 基板

【図 26】

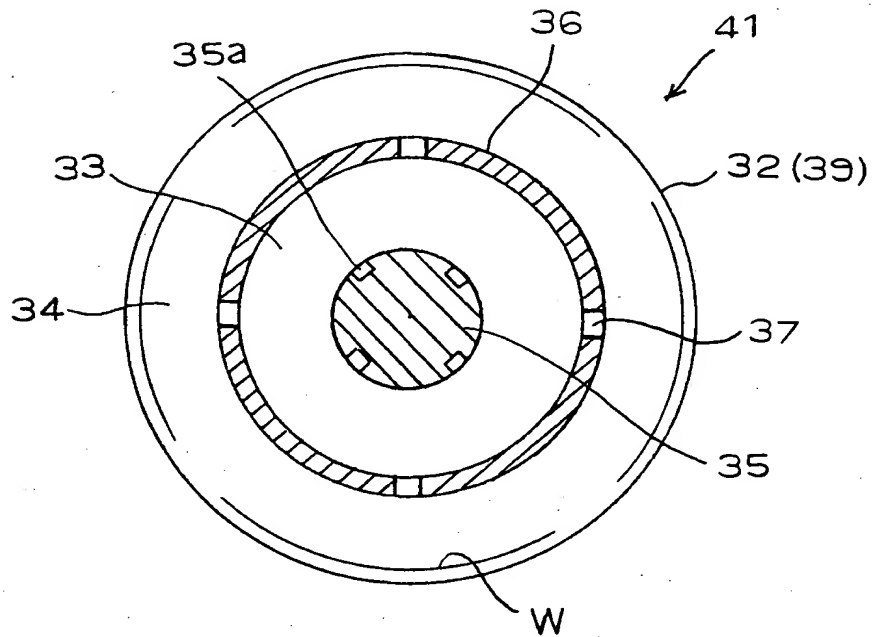
各種貫通孔における好適な変形態様を示す概略図



- 6 アノード電極
- 7 プラズマ吹出口
- 18 プレート状の絶縁体
- 18a リング状の絶縁体
- 18b リング状の絶縁体
- 19 プレート状の他の電極
- 19a リング状の他の電極
- 19b リング状の他の電極
- 19c 円筒ノズル状の他の電極

【図 27】

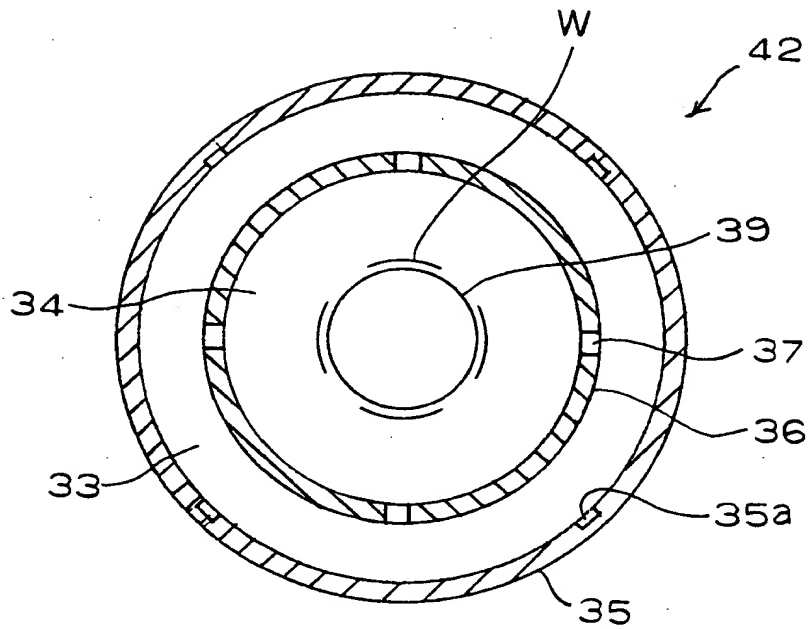
第 11 実施例による表面処理装置の水平方向の概略断面図



- | | |
|-----|---------|
| 32 | ケーシング |
| 33 | プラズマ発生室 |
| 34 | 基板処理室 |
| 35 | カソード電極 |
| 35a | 凹部 |
| 36 | アノード電極 |
| 37 | プラズマ吹出口 |
| 39 | 基板支持台 |
| 41 | 表面処理装置 |

【図28】

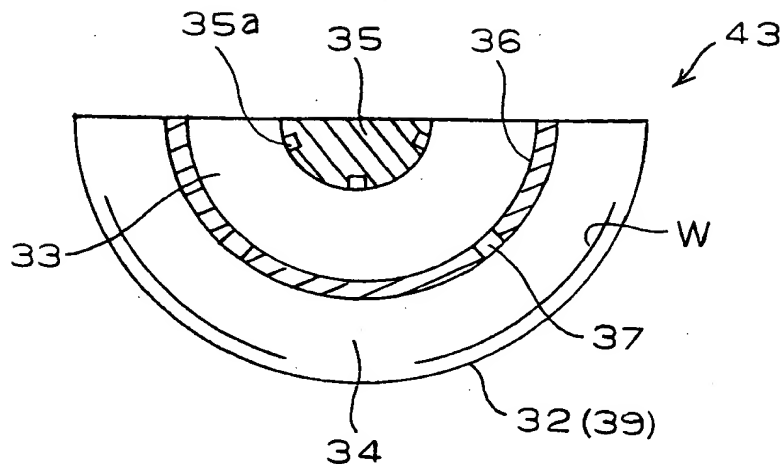
第12実施例による表面処理装置の水平方向の概略断面図



- | | |
|-----|---------|
| 33 | プラズマ発生室 |
| 34 | 基板処理室 |
| 35 | カソード電極 |
| 35a | 凹部 |
| 36 | アノード電極 |
| 37 | プラズマ吹出口 |
| 39 | 基板支持台 |
| 42 | 表面処理装置 |

【図 2 9】

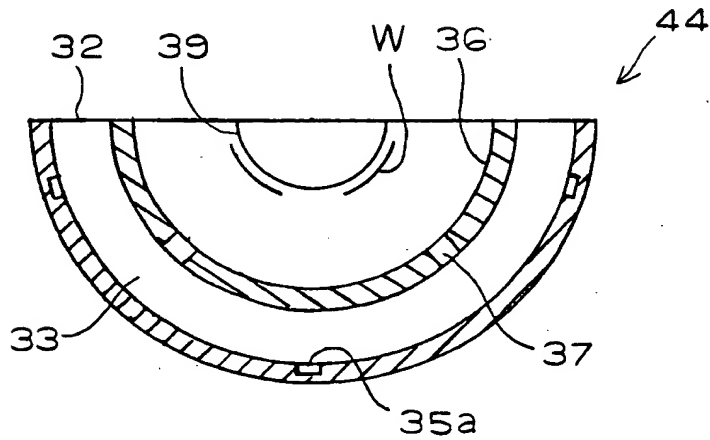
第 1 3 実施例による表面処理装置の水平方向の概略断面図



- | | |
|-------|---------|
| 3 2 | ケーシング |
| 3 3 | プラズマ発生室 |
| 3 4 | 基板処理室 |
| 3 5 | カソード電極 |
| 3 5 a | 凹部 |
| 3 6 | アノード電極 |
| 3 7 | プラズマ吹出口 |
| 3 9 | 基板支持台 |
| 4 3 | 表面処理装置 |

【図 3 0】

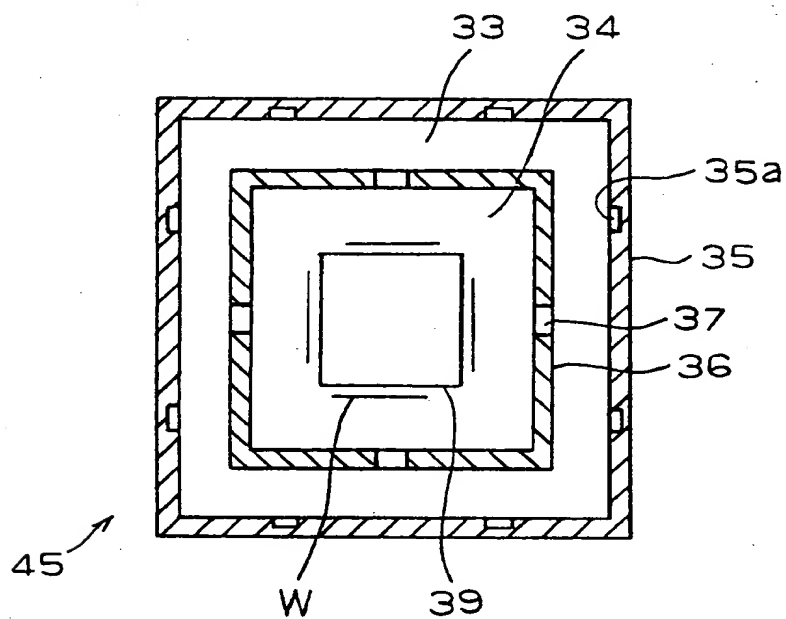
第 1 4 実施例による表面処理装置の水平方向の概略断面図



- | | |
|-------|---------|
| 3 2 | ケーシング |
| 3 3 | プラズマ発生室 |
| 3 5 a | 凹部 |
| 3 6 | アノード電極 |
| 3 7 | プラズマ吹出口 |
| 3 9 | 基板支持台 |
| 4 4 | 表面処理装置 |

【図 3 1】

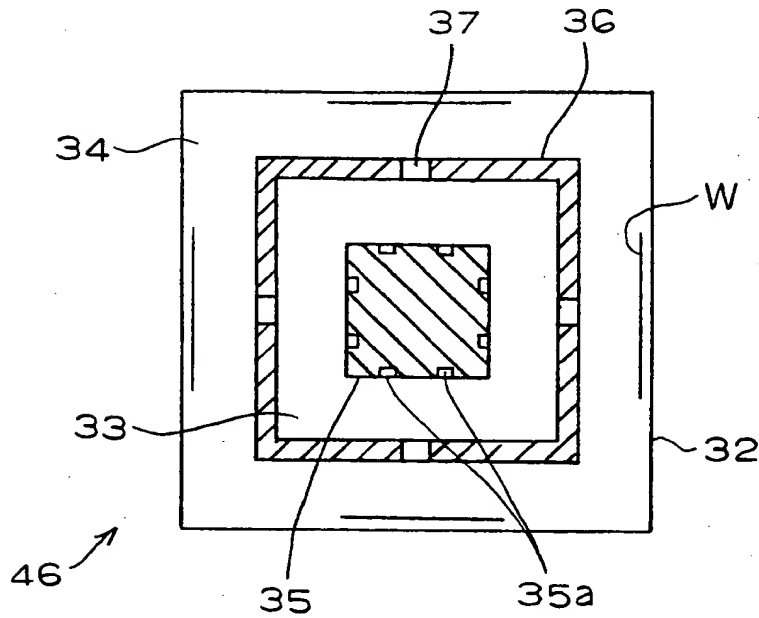
第 1 5 実施例による表面処理装置の水平方向の概略断面図



- | | |
|-------|---------|
| 3 3 | プラズマ発生室 |
| 3 4 | 基板処理室 |
| 3 5 | カソード電極 |
| 3 5 a | 凹部 |
| 3 6 | アノード電極 |
| 3 7 | プラズマ吹出口 |
| 3 9 | 基板支持台 |
| 4 5 | 表面処理装置 |

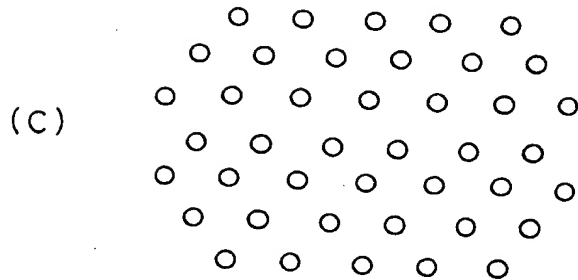
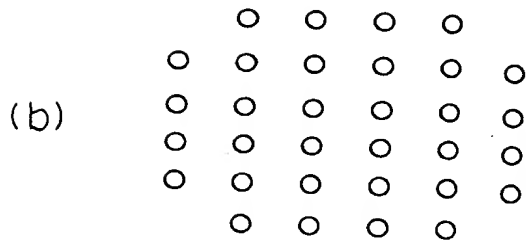
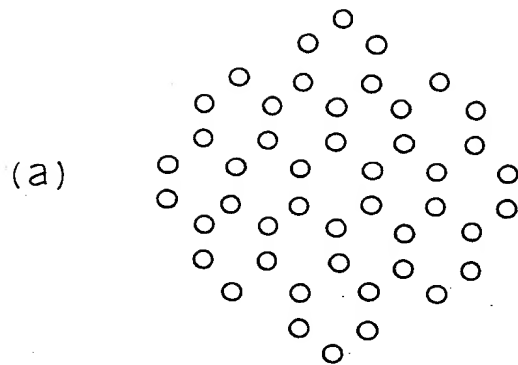
【図 3 2】

第 1 6 実施例による表面処理装置の水平方向の概略断面図



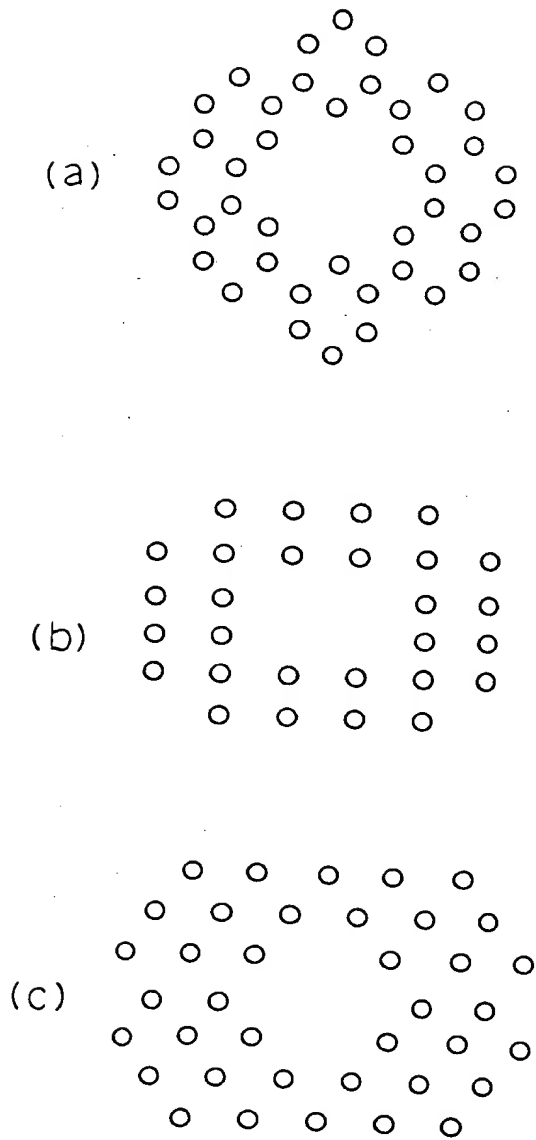
- | | |
|-------|---------|
| 3 2 | ケーシング |
| 3 3 | プラズマ発生室 |
| 3 4 | 基板処理室 |
| 3 5 | カソード電極 |
| 3 5 a | 凹部 |
| 3 6 | アノード電極 |
| 3 7 | プラズマ吹出口 |
| 4 6 | 表面処理装置 |

【図 3 3】



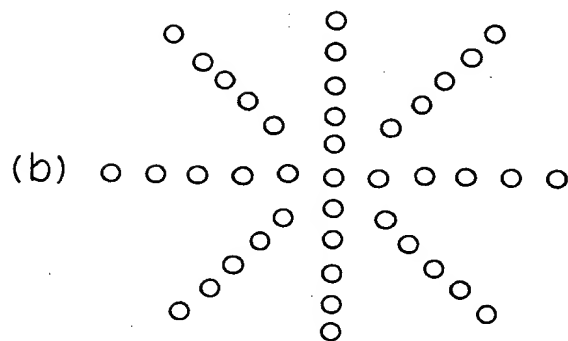
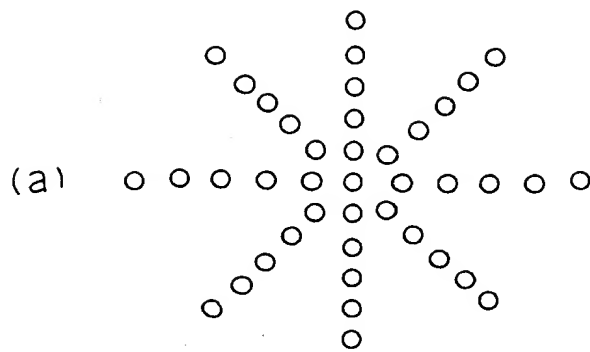
多数の貫通孔又は凹部の配置例を示す図

【図 3 4】



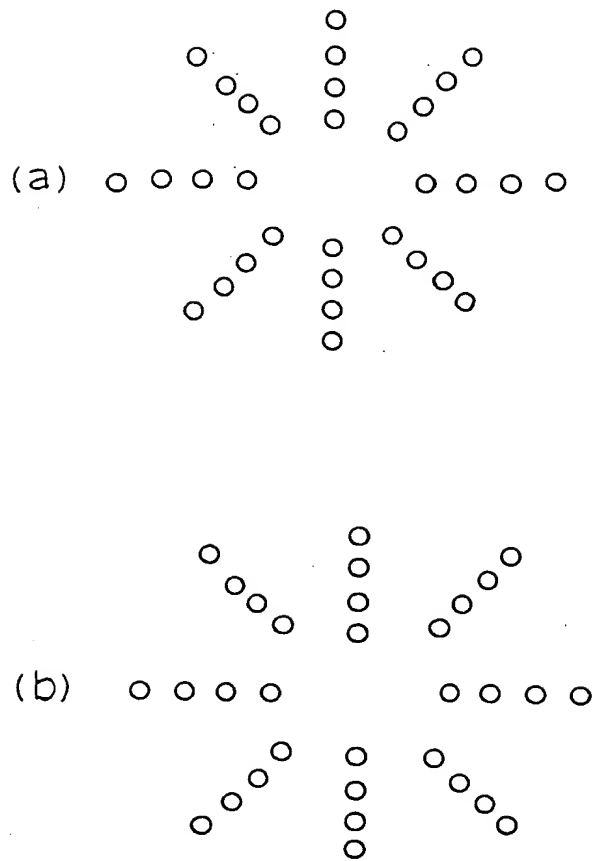
多数の貫通孔又は凹部の他の配置例を示す図

【図 35】



多数の貫通孔又は凹部の更に他の配置例を示す図

【図 3 6】



多数の貫通孔又は凹部の更に他の配置例を示す図

【図 3 7】



渦巻き状の貫通孔又は凹部の説明図

【書類名】要約書

【要約】

【課題】高速且つ高品質に表面処理が可能な表面処理装置を提供する。

【解決手段】表面処理装置(1)のケーシング(2)はプラズマ発生電極(5,6)を備えたプラズマ発生室(3)と、基板支持台(9)を備えた基板処理室(4)との二室に画成されている。前記両室(3,4)の隔壁を構成するアノード電極(6)にはプラズマ吹出口(7)が形成されている。上方のカソード電極(5)は凹部(5a)が形成されている。更に前記プラズマ吹出口(7)をホローアノード放電の発生域とし、前記凹部(5a)をホローカソード放電の発生域としている。

【選択図】図1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願2000-066106
受付番号	50000285159
書類名	特許願
担当官	第五担当上席 0094
作成日	平成12年 3月15日

<認定情報・付加情報>

【提出日】	平成12年 3月10日
-------	-------------

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[000001236]

1. 変更年月日 1990年 8月29日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都港区赤坂二丁目3番6号

氏 名 株式会社小松製作所